GRUNDRISS

DER

HYGIENE

FÜR STUDIRENDE UND PRAKTISCHE ÄRZTE,
MEDICINAL- UND VERWALTUNGSBEAMTE

VON

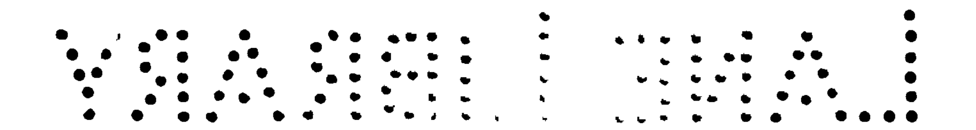
DR. MED. CARL FLÜGGE,
O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DES HYGIENISCHEN INSTITUTS
DER UNIVERSITÄT BRESLAU.

FÜNFTE, VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 173 FIGUREN IM TEXT.



LEIPZIG
VERLAG VON VEIT & COMP.
1902



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort zur fünften Auflage.

Der „Grundriss“ war einige Jahre vergriffen, weil ich leider nicht Zeit fand, eine neue Auflage zu bearbeiten. In dem längeren Zeitraum seit dem Erscheinen der vierten Auflage sind aber so erhebliche Fortschritte auf den verschiedensten Gebieten der Hygiene zu verzeichnen, dass ich nunmehr eine völlige Umarbeitung habe vornehmen müssen. Manche Abschnitte des Buchs, so die „Einleitung“, Theile der „Mikroorganismen“, der „Wohnung“, der „parasitären Krankheiten“, das Kapitel „Immunität“ u. a. m. sind völlig neu geschrieben; ebenso sind zahlreiche erläuternde Abbildungen, meist nach selbst gezeichneten Vorlagen, neu in den Text eingefügt. An verschiedenen Stellen habe ich bisher nicht veröffentlichte Resultate eigener Untersuchungen sowie Erfahrungen aus meiner praktisch-hygienischen Thätigkeit eingefügt.

Besonderen Werth habe ich auch in dieser Auflage darauf gelegt, die Lehren der wissenschaftlichen Hygiene in streng kritischer Darstellung vorzutragen. Ich halte dies für um so nöthiger, je mehr Versuche gemacht werden, selbst die noch ungenügend geklärten Theile der Hygiene populär darzustellen und dabei unbewiesene oder unrichtige Lehren zu verbreiten oder nebensächliche Dinge über Gebühr aufzubauschen. Die Wirkung chemisch unreiner Luft, der Miasmen- und Parasitengehalt der freien Atmosphäre, die Art der Gesundheitsschädigung durch die Wohnung, der Begriff der kräftigen Kost, die Bedeutung des individuellen Schutzes gegen Infektionskrankheiten sind nur einige Beispiele, bei denen die Darstellungen der popu-

lären und der wissenschaftlichen Hygiene weit auseinanderzugehen pflegten. Die populäre Hygiene dieser Art ist geradezu ein Hemmniss für das Bestreben unserer jungen Wissenschaft, die Wahrheit zu erkennen und durch deren Verbreitung dem Volke wirklich zu nützen.

Möge der „Grundriss" auch in seiner neuen Gestalt sich Freunde erwerben.

Breslau, Ende Juli 1902.

C. Flügge.

Inhalt.

Drittes Kapitel.

Viertes Kapitel.

Seite

Fünftes Kapitel.

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Achtes Kapitel.

Einleitung.

Zahlreiche statistische Erhebungen über die Sterblichkeitsverhältnisse der jetzt lebenden Menschen liefern uns den Nachweis, dass wir von dem biblischen Ideal „Unser Leben währet 70 Jahr“ weit entfernt sind. Wenn dies Alter die normale Grenze darstellt, an welcher der menschliche Körper im Kampf um's Dasein erschöpft wird, so muss eine ausschliesslich aus solchen normalen Individuen bestehende Bevölkerung eine jährliche Sterblichkeit von 14·3 p. m. zeigen, d. h. auf 1000 Lebende müssen im Jahre 14·3 Gestorbene entfallen. Es befinden sich alsdann unter jenen 1000 Lebenden 14·3 im ersten Lebensjahre, 14·3 im zweiten, und so fort bis schliesslich 14·3 im 70. Lebensjahre. Nur die letzte Altersklasse stirbt im laufenden Jahre fort, und die Zahl der Bevölkerung wird dafür durch 14·3 Lebendgeborene regenerirt, welche wiederum je eine Lebenserwartung von 70 Jahren haben.

Selbstverständlich müssen in Wirklichkeit gewisse Abweichungen von diesem Schema auftreten. Auch bei einer unter den günstigsten Verhältnissen lebenden Bevölkerung wird die Mortalität grösser, die durchschnittliche Lebenserwartung geringer und insbesondere die Vertheilung der einzelnen Altersklassen weit weniger gleichmässig sein.

Betrachten wir aber die Bewegung der Bevölkerung in den modernen civilisirten Ländern, so werden wir überrascht durch ihr völlig abnormes und zugleich nach Ländern und Bevölkerungsgruppen wechselndes Verhalten.

Die folgende, für Preussen abgeleitete Sterblichkeitstafel zeigt zwar, dass die absolute Zahl der Todesfälle unter den erwachsenen Lebensaltern bei etwa 70 Jahren am grössten ist (ein gesetzmässiges Verhalten, das auch für andere europäische Länder statistisch festgestellt wurde); dass aber im Gesammtdurchschnitt die Lebenserwartung viel geringer ist, und dass namentlich den niederen Altersklassen bis zum dritten Jahre eine enorm hohe Sterblichkeit zukommt. (Tab. 1.)

In Tabelle 2 ist ferner die Zahl der Todesfälle pro 1000 Menschen in den grösseren europäischen Staaten angegeben. Die Sterblichkeit zeigt danach in verschiedenen Ländern sehr bedeutende, bis 100 Prozent steigende Schwankungen.

Tabelle 1.

Alter in vollen Jahren:	Sterbetafel für Preussen 1890/1891. Zahl der zu Anfang der nebenbezeichneten Altersstufen Ueberlebenden **Absterbeordnung:**		Von Tausend sterben jährlich bis zur Erreichung der nächsten Altersstufe:		Wahrscheinliche Lebensdauer in Jahren vom Eintritt in die nebenbezeichnete Altersklasse an gerechnet **Lebenserwartung:**	
	M.	W.	M.	W.	M.	W.
0	100 000	100 000	220·9	188·7	45·7	51·5
1	77 911	81 135	65·4	63·0	56·2	60·0
2	72 820	76 027	28·6	28·2	57·4	60·9
3	70 740	73 885	19·1	18·8	57·2	60·7
4	69 390	72 497	13·8	14·0	56·7	60·2
5	68 430	71 486	6·9	7·2	56·1	59·5
10	66 119	68 954	3·2	3·8	51·9	55·3
15	65 068	67 663	4·7	4·2	47·3	50·7
20	63 566	66 244	6·5	5·3	42·9	46·1
25	61 539	64 507	6·9	6·7	38·6	41·6
30	59 454	62 375	8·3	8·1	34·4	37·2
35	57 033	59 898	10·5	9·4	30·2	32·9
40	54 115	57 133	13·6	10·3	26·2	28·7
45	50 544	54 245	16·7	11·7	22·3	24·5
50	46 462	51 147	21·9	15·5	18·6	20·4
55	41 590	47 297	30·1	23·5	15·2	16·4
60	35 702	41 995	41·6	35·3	12·0	12·8
65	28 876	35 081	61·4	56·2	9·1	9·6
70	21 039	26 276	91·7	86·8	6·8	7·1
75	13 005	16 689	140·2	133·4	4·7	4·9
80	6 111	8 156	212·6	198·3	3·6	3·7
85	1 849	2 701	287·3	268·1	3·1	3·2
90	340	567	395·8	342·3	2·7	2·9
95	27	70	388·5	408·1	2·7	2·7
100	2	5				

Tabelle 2.

	Gestorben auf 1000 Einwohner:	
	1874—83	1884—93
Deutschland	26·2	24·6
Oesterreich	30·6	28·8
Ungarn	35·9	32·2
Frankreich	22·4	22·4
England	20·7	19·2
Schweden	18·4	16·9
Norwegen	17·2	16·9
Italien	29·1	26·9
Russland	35·4	34·7

Noch stärkere örtliche Contraste ergeben sich z. B. bei einer Parallele aus den Jahren 1849—57 zwischen 17 ländlichen, relativ gesunden Distrikten Englands und den Distrikten von Liverpool und Manchester (Tab. 3). Am bedeutendsten fallen endlich die Schwankungen aus, wenn die Wohlhabenheit einer städtischen Bevölkerung oder auch, als Ausdruck derselben, die Höhe der Miethe in Rechnung gezogen wird (Tab. 4, Breslau, 1890).

Tabelle 3.

	Von 1000 starben jährlich:		
	In den 51 Healthy Districts	In den Manchester Districts	In den Liverpool Districts
Männer	17·56	35·38	40·97
Weiber	16·23	30·46	36·36

Tabelle 4.

Betrag der Wohnungsmiethe:	Auf 1000 Einwohner Gestorbene:
bis 300 Mk.	20·7
„ 750 „	11·2
„ 1500 „	10·7
über 1500 „	6·5

Diese verschiedene Mortalität der einzelnen Altersklassen; die kolossale Steigerung der Todesfälle in den ersten Lebensjahren; und die

starken Contraste der Sterblichkeit zwischen verschiedenen Ländern und Bevölkerungsklassen lassen die jetzige Absterbeordnung nicht etwa als einfache Folge gewisser unabänderlicher, theils vererbter, theils erworbener krankhafter Abweichungen des menschlichen Körpers erscheinen.

Wir sehen vielmehr, dass in den Healthy-districts Englands und bei den Wohlhabenden Verhältnisse vorliegen, welche dem erreichbaren Ideal sehr nahe kommen. Die Gesammtmortalität hält sich dort zwischen 16 und 17 pro Mille, die vorwiegende Betheiligung des Säuglingsalters tritt ganz zurück, und es ist damit gleichsam eine Norm geliefert, welche den unvermeidlichen Störungen der idealen Absterbeordnung Rechnung trägt und für die Praxis Gültigkeit beanspruchen darf.

Wenn nun die Bewegung der Bevölkerung in den weitaus grössten Theilen der civilisirten Länder auch von dieser Norm so ausserordentlich abweicht, dann berechtigt uns das zu der Annahme, dass allerlei unnatürliche und abnorme äussere Verhältnisse, unter denen der heutige Culturmensch zu leben gezwungen ist, seine Existenz erschweren und sein vorzeitiges Erliegen bewirken. Es ist von vornherein wahrscheinlich, dass manche jener schädigenden Momente vermeidbar und viele der jetzt vorherrschenden Todesursachen durch menschliches Zuthun einer Einschränkung zugänglich sind.

In Tabelle 5 ist angegeben, mit welchem Procentsatz sich die einzelnen Krankheiten an der Gesammtmenge der Todesfälle betheiligen. Trotzdem diese Statistik noch vielfache Mängel aufweist, welche namentlich in der grossen Zahl der unbekannten resp. der unbrauchbar benannten Todesursachen liegen (namentlich „Krämpfe"; vgl. unten Kap. X „Cholera infantum"), so lässt sich aus derselben doch so viel entnehmen, dass allein 28 Procent aller Todesfälle auf Infectionskrankheiten und Ernährungsstörungen der Kinder zu rechnen sind; 10—12 Procent entfallen auf Tuberkulose, 12 Procent auf andere Infectionskrankheiten, 8—13 Procent auf sog. Erkältungskrankheiten. Die grosse Mehrzahl aller Todesfälle ist also auf Infectionen, Anomalieen der Nahrung und Störung der Wärmeregulirung zurückzuführen; d. h. die tödtlichen Erkrankungen kommen zum grösseren Theile durch unmittelbare Einwirkung von schädlichen Einflüssen unserer äusseren Umgebung auf den bis dahin gesunden Körper zu Stande.

Die Bedeutsamkeit der äusseren Umgebung für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung kann im Grunde für uns nichts Ueberraschendes haben. Physiologie und Pathologie haben uns längst gelehrt, dass der Mensch nur lebensfähig ist durch einen steten regen Wechselverkehr mit seiner Umgebung, aus welcher er Nahrung, Wasser, Luft u. s. w. aufnimmt, an welche er Wärme, Wasser, Kohlensäure und eine Reihe

Tabelle 5.

Todesursachen.	In Preussen betrafen von den nebenbezeichneten Todesursachen unter 100 Todesfällen 1892:
1. Angeborene Lebensschwäche	5·62
2. Atrophie der Kinder	2·50
3. Einheimischer Brechdurchfall	3·10
4. Diarrhoe der Kinder	2·35
5. Krämpfe der Kinder	14·33
6. Pocken	0·01
7. Scharlach	0·88
8. Masern und Rötheln	1·49
9. Diphtherie und Croup	5·62
10. Keuchhusten	1·96
11. Typhus	0·87
12. Flecktyphus	0·00
13. Ruhr (Dysenterie)	0·14
14. Tuberkulose	10·64
15. Skropheln und englische Krankheit	0·4
16. Luftröhrenentzündung und Lungenkatarrh	4·06
17. Lungen- und Brustfellentzündung	7·31
18. Andere Lungenkrankheiten	1·81
19. Akuter Gelenkrheumatismus	0·22
20. Herzkrankheiten	1·35
21. Gehirnkrankheiten	2·13
22. Nierenkrankheiten	0·98
23. Wassersucht	2·06
24. Krebs	2·13
25. Apoplexie	4·22
26. Altersschwäche (über 60 Jahre)	10·44
27. Selbstmord	0·85
28. Mord und Todschlag	0·07
29. Unglücksfälle	1·56
30. Andere nicht angegebene u. unbek. Todesursachen	9·66

von anderen Excreten abgiebt; dass aber nur eine Umgebung von bestimmter, in gewissen engen Grenzen schwankender Beschaffenheit einen normalen Ablauf des Lebens ermöglicht. Auf jede zu intensive oder zu anhaltende Abweichung im Verhalten der äusseren Umgebung reagirt der Körper mit krankhafter Störung.

So spielt z. B. die uns umgebende Luft eine wichtige Rolle bei

der Entwärmung des Körpers. Je nach der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Bewegung der Luft schwankt die Menge der durch dieselbe dem Körper entzogenen Wärme, und dieser muss fortwährend feine Regulirvorrichtungen in Thätigkeit setzen, um unter der wechselnden Beschaffenheit der Aussenluft seine Eigentemperatur zu bewahren. Erhebt sich aber die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft über einen gewissen Grad hinaus, so stösst die erforderliche Entwärmung des Körpers auf unüberwindliche Schwierigkeiten, und es resultiren schwere Störungen in den Funktionen des Organismus. Ebenso wenn zu plötzliche und intensive Schwankungen der Luftwärme eintreten, versagt die sonst schützende Regulirung, und es kommt zu krankhaften Affektionen.

Die Aussenluft ist dann noch in anderer Beziehung wichtig. Im Austausch mit dem Körper verliert sie allmählich Sauerstoff und nimmt dafür Kohlensäure und andere Excrete auf; schliesslich wird sie derart verändert, dass Störungen des Wohlbefindens und Krankheitssymptome eintreten, wenn der Mensch dauernd in derselben Luft zu athmen gezwungen ist. Nur dann bleiben die Störungen aus, wenn eine stete Zufuhr reiner Aussenluft in solchem Maasse stattfindet, dass die Veränderung der Luftbeschaffenheit sich innerhalb gewisser Grenzen hält. — Ferner bringen wir bei der Athmung sehr grosse Mengen Luft in innige Berührung mit Theilen der Lungenoberfläche, welche für die Ansiedelung gewisser Parasiten besonders empfänglich sind. Sorgen wir nicht dafür, dass die Aussenluft frei von solchen parasitären Keimen gehalten wird, so können schwere Erkrankungen die Folge sein.

Weiter gehören zu der Aussenwelt, mit welcher wir täglich in engste Beziehung treten, Boden und Wasser; beide dienen eventuell als Ansiedelungsstätte für Infektionserreger, und dann sind sofort eine Menge von Gelegenheiten zur Uebertragung der pathogenen Keime auf den Menschen und unter Umständen zur plötzlichen Ausbreitung von Epidemieen gegeben. — Aus der äusseren Umgebung entnehmen wir ferner die Nahrungsmittel, die in bestimmter Quantität erforderlich sind, um den Bestand des Körpers zu erhalten. Auch hier aber bedrohen uns verschiedene Gefahren; eine falsche Zusammensetzung der Kost, ein Ueberwiegen oder ein Fehlen des einen oder anderen Nährstoffs, ein Durchsetzen der Nahrung mit Fäulnissorganismen und deren Produkten, oder gar ein Anhaften von Parasiten kann zur Krankheitsursache werden.

Noch mannigfaltiger gestalten sich die Einflüsse der Aussenwelt in Folge der künstlichen Einrichtungen, durch welche der Culturmensch seine natürliche Umgebung modificirt, zum Theil in der be-

wussten Absicht, sich gegen die Gefahren der letzteren zu schützen. Er wählt sich zweckentsprechende Kleidung, baut sich Wohnungen, gründet Städte; durch Industrie und Verkehrsmittel macht er sich unabhängig von jeder örtlichen und zeitlichen Beschränkung seiner Bedarfsmittel; er schafft sich von fernher reines Wasser, wo die Oertlichkeit kein solches gewährt; er importirt fehlende Nahrungsmittel und conservirt die überschüssig vorhandenen. Durch die ganze so geschaffene künstliche Umgebung können aber wieder neue schädliche Momente eingeführt werden. Die Wohnung mag gegen Witterungseinflüsse Schutz gewähren; aber leicht hemmt sie auch den normalen Gasaustausch des Körpers, führt zur Anhäufung von Abfallstoffen und zur Aufnahme von Infektionskeimen. Das hergeleitete Wasser mag frisch und rein sein; aber möglicherweise nimmt es giftige Stoffe aus dem Material der Leitung auf. Die Nahrung mag selbst für die grössten Ansammlungen von Menschen in genügender Menge beschafft werden; aber vielfach ist dann die Qualität abnorm, die Conservirung ungenügend, und alljährlich sehen wir in den grossen Städten Tausende von Kindern gerade durch Mängel der dorthin importirten Nahrung zu Grunde gehen. Mag Beruf und Beschäftigung in unserer an Erfolgen reichen Zeit dem Menschen höchste Befriedigung gewähren; es fragt sich, ob nicht auch diese Erfolge oft mit schwerer Schädigung der Gesundheit erkauft werden müssen.

So birgt denn die ganze natürliche wie künstlich modificirte Umgebung des Menschen vielfache Krankheitsursachen, die eben um so gefährlicher erscheinen, weil der Mensch mit allen seinen Funktionen auf einen steten regen Verkehr mit der Aussenwelt angewiesen ist. Tritt daher abnorme Sterblichkeit innerhalb einer Bevölkerung auf, oder kommt es zu auffällig starker Erkrankung einzelner Lebensalter, oder greifen epidemische Krankheiten um sich, — fast ausnahmslos werden wir in den jeweiligen Verhältnissen der äusseren Umgebung die Ursache zu suchen haben.

Hieraus ergiebt sich ohne weiteres, dass wir das grösste Interesse an einer gründlichen Durchforschung und genauen Erkenntniss der äusseren Lebenssubstrate und der dort gelegenen Krankheitsursachen haben.

Die medicinische Wissenschaft früherer Jahre hat der äusseren Umgebung des Menschen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie beschäftigte sich vorzugsweise mit den Vorgängen im menschlichen Körper, und wenn sie einmal die Beziehungen der äusseren Lebenssubstrate zum Menschen berücksichtigte, so begnügte sie sich mit einer relativ rohen Empirie und mit ergänzenden Speculationen, exactere

Forschung auf diesem Gebiet anderen Disciplinen, der Meteorologie, Chemie, Botanik, Zoologie überlassend. Da aber erfahrungsgemäss in naturwissenschaftlichen Disciplinen lediglich induktive und experimentelle Methode zu sicheren Erfolgen führt; und da wiederum die Vertreter jener anderen Fächer ihre Arbeiten nicht nach medicinischen Gesichtspunkten wählten und ausführten, war der Fortschritt in der Erkenntnis der uns interessirenden Verhältnisse der Aussenwelt bisher nur ein äusserst langsamer.

Erst vor wenigen Jahrzehnten hat sich — theils in Folge des schnellen Anwachsens der grossen Städte und der dort sich häufenden Gefahren für die Gesundheit, theils unter dem mächtigen Eindruck der verheerenden Cholerainvasionen — in den weitesten Kreisen die Ueberzeugung Bahn gebrochen, dass die Erkenntniss der äusseren Umgebung des Menschen und der in dieser gelegenen Krankheitsursachen eines der wichtigsten Ziele der medicinischen Forschung ist, und dass die hier gewonnenen Untersuchungsergebnisse einen bedeutsamen Theil der medicinischen Lehre ausmachen.

Diese Forschung und diese Lehre bilden die specielle Aufgabe der Hygiene. Kurz definirt ist demnach die Hygiene derjenige Theil der medicinischen Wissenschaft, welcher sich mit den äusseren Lebenssubstraten und der gewohnheitsmässigen Umgebung des Menschen beschäftigt und in derselben diejenigen Momente zu entdecken sucht, welche häufiger und in erheblicherem Grade Störungen im Organismus zu veranlassen oder die Leistungsfähigkeit herabzusetzen im Stande sind.

Begrenzt man das Forschungs- und Lehrgebiet der Hygiene in der angegebenen Weise, so collidirt dasselbe nicht etwa mit einer der übrigen medicinischen Disciplinen, sondern bildet für diese eine nothwendige Ergänzung. Die meisten Berührungspunkte zeigt die Hygiene mit der allgemeinen Pathologie; aber auch dieser gegenüber ergiebt sich eine einfache und natürliche Scheidung. Die allgemeine Pathologie beschäftigt sich zwar ebenfalls mit den Ursachen der Krankheiten; sie verfolgt dieselben indess nur innerhalb des menschlichen Körpers, ihr Studium beginnt erst von dem Moment an, wo die äussere Ursache mit dem Körper in Berührung getreten ist. Das Verhalten der krankheitserregenden Ursachen ausserhalb des menschlichen Körpers; die Entstehung derselben in den den Menschen umgebenden Medien; ihre Entwickelung, Verbreitung und die Wege, auf denen sie zum Menschen Zugang finden, das alles bildet die Aufgabe der Hygiene.

Begreift man freilich unter Hygiene, so wie es früher geschah, die Summe der praktischen Maassnahmen zur Förderung der Volks-

gesundheit, so ist die Hygiene so alt wie die älteste Kultur. Schon im alten Ägypten bestanden hygienische Vorschriften über Nahrungsmittel, über Beschau der Schlachtthiere, ferner über Kleidung und Reinlichkeit. Aehnlich enthält die mosaische Gesetzgebung Vorschriften über Nahrung, Wasserbezug, Reinhaltung des Körpers, der Kleidung, der Wohnung, die ein volles Verständniss des Gesetzgebers für die hygienische Bedeutung solcher Gebote zeigen. Im alten Rom wurde bekanntlich durch ein Netz unterirdischer Kanäle die Entfernung der Abfallstoffe besorgt; der Verkauf von Nahrungsmitteln, die Strassenreinlichkeit, gewerbliche Anlagen wurden von den Aedilen überwacht; und Quellwasserleitungen führten so reichliches Wasser hinzu, dass z. B. zu Trajans Zeit 510 Liter pro Tag auf jeden Einwohner entfielen, eine selbst für unsere heutigen Begriffe ungewöhnlich reichliche und für die Hygiene der Stadt gewiss äusserst förderliche Menge.

Nach dem Untergang des weströmischen Reichs folgen Jahrhunderte, wo die Fortsetzung hygienischer Maassregeln mit wenigen Ausnahmen fehlt; erst sehr allmählich, mit der Kultur der germanischen Völker, gewinnt das Interesse für hygienische Einrichtungen wieder Boden. Selbst die Seuchen des 14. und 15. Jahrhunderts werden Anfangs gar nicht, später mit ganz unzulänglichen Maassregeln bekämpft. Erst im 18. Jahrhundert beginnt man, systematisch Quarantänen und Anzeigepflicht für ansteckende Krankheiten einzuführen, verseuchte Wohnungen durch Räucherungen mit Schwefel oder salzsauren Dämpfen zu reinigen. Ferner werden bei der Bau-, Strassen- und Marktpolizei hygienische Gesichtspunkte berücksichtigt, und es zeigen sich die Anfänge einer Gewerbehygiene und einer Schulhygiene. In Peter Frank's „System der medicinischen Polizei“, dessen erster Band 1779 erschien, ist uns eine achtbändige Zusammenstellung aller damals für erforderlich gehaltenen hygienischen Maassnahmen überliefert. Auf welch rohe Empirie damals aber die hygienische Kritik angewiesen war, das geht z. B. aus folgenden Worten hervor, mit denen Peter Frank die Kennzeichen eines guten Trinkwassers schildert: „Man hält dasjenige Wasser für gut, welches in einem kupfernen Gefäss längere Zeit aufbewahrt, keine Flecken darin zulässt, wenn es gekocht keinen Sand oder Leimen abwirft; wenn es helle und rein ist und keine Pflanzengewächse in sich nähret. Da aber alles dies sich dem Ansehen nach so verhalten und doch eine verborgen übele Eigenschaft dahinter stecken kann: so muss man das Trinkwasser selbst aus der gesunden Beschaffenheit der Einwohner eines Orts beurtheilen.“

Einen ganz neuen Impuls bekamen die hygienischen Reformbestrebungen in den Jahren 1830—1850 in England. Einmal war

es das ungeahnt rasche Wachsen der großen Städte, das zu ausserordentlichen hygienischen Missständen führte und Abhülfemaassregeln erforderlich machte. Sodann aber wirkte akut auslösend die Cholera, die 1813 den europäischen Continent und speciell auch England zum ersten Male heimsuchte.

Englische Aerzte leiteten damals zunächst eine genaue medicinische Statistik ein. An der Hand eines grossen Zahlenmaterials wurde z. B. festgestellt, dass die städtische Bevölkerung Englands eine viel höhere Mortalität aufwies als die Landbevölkerung, und dass ein grosser Procentsatz der Erkrankungen und Todesfälle auf sog. „vermeidbare“ Krankheiten entfiel. 1842 wurde eine königliche Untersuchungs-Kommission eingesetzt mit dem Auftrag, den gegenwärtigen Zustand der grossen Städte zu untersuchen und über die Mittel zur Abhülfe der gefundenen Schäden zu berichten. Dieser Enquête folgte 1848 die Public health Act, ein Gesetz zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, und dann die Durchführung grossartiger praktischer Reformen. Enge dicht bewohnte Strassen und Stadttheile wurden niedergerissen, neue Quartiere mit hygienisch einwandfreien Wohnungen erbaut; durch unterirdische Schwemmkanäle oder durch besondere Abfuhrsysteme wurden die Abfallstoffe entfernt, centrale Wasserversorgungen eingerichtet, die Nahrungsmittel einer strengen Controle unterworfen, die Kranken- und Armenpflege besser organisirt. In dem energischen Bestreben nach Besserung der hygienischen Schäden beugte sich das englische Volk einer Menge von lästigen polizeilichen Controlen und Eingriffen in seine kommunale Selbstverwaltung. Der General Board of health hatte beispielsweise eine Anzahl Inspektoren, welche von den Gemeinden Einsicht in alle Dokumente, Pläne, Steuerrollen u. s. w. verlangen konnten, und auf deren Bericht hin die Gemeinden zur Einrichtung eines Ortsgesundheitsamts gezwungen werden konnten, welches das Recht erhielt zur Erhebung von Steuern behufs Deckung aller im Interesse der öffentlichen Gesundheit aufgewendeten Kosten.

Allerdings wurde nach Ablauf einiger Jahre durch diese Reformen eine messbare Wirkung auf den Gesundheitszustand erzielt. Die Mortalitätsziffer sank; die einheimischen infectiösen Krankheiten nahmen in vielen Städten ab oder hörten ganz auf; an Cholerainvasionen schloss sich keine Ausbreitung im Lande an. — Mit Stolz blickten Staatsmänner und Aerzte auf diese Erfolge, und die Hygiene war innerhalb kurzer Zeit nicht nur in England, sondern auch in den übrigen civilisirten Staaten populär geworden.

Trotzdem wir auch heute dem energischen Vorgehen der englischen Hygieniker unsere Anerkennung nicht versagen können, dürfen wir uns

aber doch nicht verhehlen, dass jene Reformen im wesentlichen und in erster Linie eine Besserung der socialen Lage der ärmeren Bevölkerung, und grösstentheils erst auf dem Umwege durch die gebesserten socialen Verhältnisse eine Beseitigung jener Gesundheitsschädigungen bewirkten, die eigentlich den Ausgangspunkt der Reformen gebildet hatten. Specifisch hygienische Reformen waren damals auch gar nicht möglich; und zwar weil man über die Ursachen der hygienischen Schäden, speciell der besonders gefürchteten Infektionskrankheiten, so gut wie nichts wusste, und weil doch diese Ursachen jeder rationellen hygienischen Reform zum Angriffspunkt dienen mussten. In Bezug auf die Ätiologie der Krankheiten und auch der Infektionskrankheiten stand man damals auf einem rein empirischen Standpunkt, der von dem oben gekennzeichneten PETER FRANK's kaum verschieden war. Daneben liess man sich von allerlei, der wissenschaftlichen Brgründung noch durchaus entbehrenden Hypothesen leiten. Speciell von den Infektionskrankheiten nahm man an, dass sie ihre Entstehung riechenden Gasen und der Anhäufung von Schmutz und Abfallstoffen verdanken, und dass sie verschwinden durch systematische Reinhaltung von Haus, Boden, Körper und Nahrung — Anschauungen, denen wir ebenso schon in den altägyptischen und mosaischen Hygiene begegnen.

Dass Beseitigung socialer Missstände und systematische Reinhaltung die Volksgesundheit günstig beeinflusst, das ist nicht zu bezweifeln und durch die englischen Reformen auf's Neue bestätigt. Aber es ist auch von vornherein wahrscheinlich, dass diese Art des Vorgehens vom streng hygienischen Standpunkt einen starken Luxusbetrieb darstellt und daß die hauptsächlichsten vermeidbaren Krankheiten durch viel einfachere Mittel beseitigt werden können. Und ebenso ist es wahrscheinlich, dass jene ohne Kenntniss der Krankheitsursachen durchgeführten Reformen die speziellen hygienischen Ziele oft ganz verfehlt haben. In der That haben sich z. B. so manche der damals angelegten Wasserversorgungen nicht bewährt und mussten später durch andere ersetzt werden, weil scheinbar reine, in Wirklichkeit aber sehr verdächtige Wässer gewählt waren. Ebenso kam man, geleitet von übertriebenen Ansichten über die Gefahren verunreinigten Bodens, zu Verfahren der Abfallbeseitigung, die in der Neuzeit von Grund aus geändert werden mussten. In manchen der assanirten Städte zeigten sich trotz allem ausgedehnte Typhusepidemieen, als Zeichen, dass man die eigentliche Krankheitsursache nicht in richtiger Weise beseitigt hatte; und eine Reihe wichtiger endemischer Krankheiten blieb in zahlreichen Städten von den eingeführten Reformen völlig unbeeinflusst.

Offenbar lag damals eine klaffende Lücke unserer wissenschaft-

lichen Erkenntniss vor, die erst ausgefüllt werden musste, ehe rationell begründete praktische Reformen auf dem Gebiet der Hygiene möglich waren.

Es fehlte eben damals an einer wissenschaftlichen hygienischen Forschung. — Diese hat erst vor etwa 25 Jahren begonnen. PETTENKOFER war der Erste, welcher eine grössere Reihe von Experimentaluntersuchungen über Fragen der Heizung und Ventilation, über Kleidung, über das Verhalten von Neubauten, über das Grundwasser und die Bodenluft anstellte, und welcher dadurch der Experimental-Hygiene eine erste feste Basis gab. Im Verein mit VOIT legte PETTENKOFER ausserdem den Grund zu unseren heutigen Anschauungen über Nahrungsmittel und Ernährung. In späterer Zeit waren es besonders die Entdeckungen KOCH's, welche neue Arbeitsgebiete erschlossen und für die so überaus wichtigen Fragen der Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten die Anwendung exakter Forschungsmethoden ermöglichten.

Seitdem hat die Hygiene in kurzer Zeit vielfache Aufklärung über interessante Beziehungen der Aussenwelt zum Menschen gegeben und Erfolge errungen, welche der gesammten medicinischen Wissenschaft im höchsten Grade förderlich gewesen sind, und vor allem sind seitdem messbare praktische Erfolge viel deutlicher zu Tage getreten als früher. Stellt man die Zahl der Todesfälle auf je 1000 Lebende in Preussen vom Jahre 1820 bis 1895 von 5 zu 5 Jahren zusammen, so zeigt sich, dass in den letzten Perioden eine so niedrige Sterblichkeit geherrscht hat, wie nie zuvor, und dass die Abnahme in den letzten Abschnitten progressiv vorgeschritten ist.

Eine solche Mortalitätsstatistik ist freilich ein nicht einwandfreier Indikator für den Erfolg hygienischer Reformen. Sterblichkeitsziffern aus verschiedenen Perioden sind überhaupt schwer vergleichbar; und vor allem sind wirthschaftliche und sociale Momente, ferner die Höhe der Geburtsziffer von erheblichem Einfluss auf die Sterblichkeit. — Einen besseren Indikator haben wir an den infektiösen Krankheiten. An Typhus z. B. starben in Preussen: 1875—79 = 6·2 auf 10000 Lebende; 1880—84 = 5; 1885—89 = 2·8; 1890—94 = 1·9, also eine starke stetige Abnahme, die sicher zum grossen Theil auf Rechnung unserer rationelleren Wasserversorgung und Desinfektion zu setzen ist. — Noch intensiver ist die Abnahme der Diphtherie: in dem Jahrzehnt 1880—90 sind noch die meisten Jahre mit 18—19 Todesfällen auf 10000 Lebende belastet; bis 1894 tritt Abnahme ein, aber noch gering und unregelmässig, 12, 13, 18, 15 Todesfälle; im Jahre 1895 9; 1896 7·6; 1897 nur noch 6·2 Todesfälle; und trennt man Stadt und Land, so

ist die Abnahme in den Städten eine noch erheblich rapidere. Hier haben wir zweifellos zum grossen Theil die Wirkung des Behring'schen Serums vor uns; zum Theil ist aber auch sicher die frühzeitige Erkennung der Krankheit durch bakteriologische Diagnose und die bessere Desinfektion betheiligt. — Besonders wichtig ist ferner die Abnahme der Lungenschwindsucht, dieser mörderischen Krankheit, die bei den im Alter von 15—60 Jahren Gestorbenen 30—40% aller Todesfälle verursacht. In den Jahren 1888—90 sehen wir eine allmähliche, von 1891—97 eine rascher vorschreitende Abnahme der Phthise. Hier ist die frühzeitige Erkennung der Krankheit durch den Bacillennachweis, die Erkenntniss der Ansteckungswege und der zur Verhütung der Ansteckung geeigneten Maassnahmen und die Verbesserung der Desinfektion als Ursache der Abnahme anzusehen, wenn auch daneben die Krankenversicherungsgesetze sicher nicht ohne Einfluss gewesen sind.

Ausschliesslicher und unbestrittener ist die Wirkung der neueren hygienischen Lehren und Maassnahmen auf die exotischen Infektionskrankheiten, Cholera und Pest. Das Schreckgespenst der Cholera hielt seinen letzten Einzug in Deutschland 1892. Zufällig betraf damals die erste Einschleppung eine Stadt, die in Bezug auf manche hygienische Einrichtungen und namentlich in Bezug auf Wasserversorgung um Jahrzehnte hinter anderen Städten zurück war; und so entstand jene explosive Hamburger Cholera-Epidemie, die eine weitreichende Panik hervorrief und an vielen Orten ganz vergessen liess, dass wir inzwischen den Choleraerreger genau kennen und sicher vernichten gelernt hatten. Aber nicht lange dauerte diese Panik. Bald erfolgte eine Bekämpfung genau entsprechend den nunmehr erkannten Lebenseigenschaften des Erregers; und diese Bekämpfung war ebenso einfach und für den Verkehr und das wirthschaftliche Leben schonend wie sie erfolgreich war. Achtmal hat seither z. B. in Schlesien eine Einschleppung von Cholera stattgefunden; meist in Oberschlesien von der russischen Grenze her, zweimal aber auch in Niederschlesien von der Oder aus. An die meisten dieser Einschleppungen schlossen sich kleine Epidemieen an; es gelang aber jedesmal rasch, dieselben zu begrenzen; und das Publikum hat sich an diese Erfolge bald so gewöhnt, dass eigentlich von den späteren Einschleppungen gar keine Notiz mehr genommen ist. Was ist das für ein Contrast gegen die Aufregung und gegen die Störung von Handel und Verkehr, die sonst durch eine Cholerainvasion hervorgerufen wurde!

Aehnlich steht es jetzt mit der Pest. Diese alte Geissel des Menschengeschlechts war seit mehr als einem Jahrhundert aus Europa verschwunden, als sie plötzlich 1878 in Wetljanka im Gouvernement

Astrachan auftauchte. Diese Nachricht rief damals grosse Bestürzung in ganz Europa hervor. Und als nun gar ein Hausknecht in St. Petersburg unter pestverdächtigen Symptomen erkrankte, da stand die Pest im Centrum des öffentlichen Interesses, die abenteuerlichsten Sperr- und Schutzmaassregeln wurden diskutirt, und allgemein sah man bereits die Schrecken des „schwarzen Todes“ sich wieder wie im Mittelalter über Europa ausbreiten. — Wie anders die heutige Auffassung! Die Pest verlässt seit einigen Jahren Europa und die nächst angrenzenden Länder nicht mehr. In Alexandrien, Beirut, Porto, Lissabon, Plymouth, Glasgow, Triest, Wien, Hamburg sind im vorigen oder in diesem Jahre Pesterkrankungen vorgekommen, und wir haben sicher noch manches neue Auftauchen von Erkrankungen zu erwarten. Aber inzwischen haben wir den Erreger, seine Existenzbedingungen, seine Verbreitungsweise genau kennen gelernt; jetzt können wir die Krankheit mit sicher wirkenden, und doch schonenden, allen überflüssigen Aufwand vermeidenden Mitteln bekämpfen. Und die Erfahrung zeigt uns, dass nun diese Krankheit nicht schwer, sondern relativ leicht zu tilgen oder in Schranken zu halten ist.

Wie unrichtig ist die Vorstellung, von der man nicht selten hört und liest, dass die Entdeckung der Bacillen eine übertriebene Bacillenfurcht und Beunruhigung in's Publikum getragen habe! Gerade im Gegentheil ist die verlässliche und zielbewusste Art, in der wir jetzt die Epidemieen zu bekämpfen im Stande sind, gewiss nur geeignet, Ruhe und Vertrauen unter der Bevölkerung zu verbreiten.

Seit dem Beginn ihrer selbstständigen Entwickelung ist die Hygiene auch mannigfaltigen Angriffen und namentlich Einwänden gegen die praktische Leistungsfähigkeit dieser Wissenschaft ausgesetzt gewesen.

Zunächst stellen Manche der praktischen Hygiene deshalb eine schlechte Prognose, weil die Reformen sowohl auf dem Gebiete der individuellen wie der öffentlichen Hygiene zu viel Mittel zu ihrer Durchführung beanspruchen, und weil deshalb die ärmeren Volksschichten für absehbare Zeit von den meisten hygienischen Reformen ausgeschlossen seien.

Zu dieser Anschauung kommt man jedoch nur dann, wenn die hygienischen Maassnahmen, so wie es früher allgemein geschah, mit socialen Reformen verwechselt oder zu sehr verquickt werden. Versteht man unter speciell hygienischen Reformen nur solche, welche manifeste Gesundheitsstörungen unmittelbar zu beseitigen oder

fernzuhalten im Stande sind, und welche gerade deshalb Anspruch auf dringliche Durchführung haben, so lassen sich diese oft durch specifische, die einzelne Schädlichkeit treffende Vorschriften und Maassregeln relativ leicht durchführen. Wollte man damit warten, bis die ganze sociale Lage der Bevölkerung sich geändert hat, damit auf dieser Basis und vielleicht in etwas vollkommenerer Weise die hygienische Besserung sich etablirt, so würden Jahrzehnte vergehen, ehe gegen die schreiendsten hygienischen Missstände Abhülfe gewährt wird. Man bessert nicht, sondern schadet nur, wenn man bei der Bekämpfung jeder einzelnen Krankheit immer wieder eine günstigere sociale Lage als unerlässliche Vorbedingung hinstellt.

Giebt man statt dessen specifische Maassregeln an, durch welche auch ohne Aenderung der socialen Lage und innerhalb ärmlicher enger Verhältnisse ein möglichster Schutz gegen die betreffende Krankheit gewährt werden kann, so ist damit oft sehr viel zu erreichen. Gelingt es doch, die Pocken durch Impfung, die Trichinose und Fleischvergiftungen durch öffentliche Schlachthäuser, die Diphtherie durch Desinfection und Schutzimpfung, die Cholera und Pest durch Isolirung und Desinfektion wirksam zu bekämpfen, ohne dass die sociale Lage geändert wird. Wohl erschweren schlechte sociale Verhältnisse den Erfolg und machen eine schärfere Anwendung mancher Maassregeln nöthig. Aber selbst in dem Eingeborenenviertel in Alexandrien und in den Proletariatsquartieren in Porto sind sie noch immerhin durchführbar gewesen, und man hat dort nicht zu warten brauchen, bis die ganze Bevölkerung auf eine höhere Kulturstufe gebracht ist.

Aber noch zwei weitere Einwände sind gegen die praktische Leistungsfähigkeit der Hygiene erhoben. — Der erste derselben ist schon vor etwa 100 Jahren von MALTHUS ausgesprochen und begründet. — Nach MALTHUS vermehrt sich jede Bevölkerung, so lange keinerlei Hemmung existirt, in geometrischer Progression, verdoppelt sich also immer in einer bestimmten Reihe von Jahren (z. B. bei 1.3 Prozent jährlichem Zuwachs alle 55 Jahre; bei 1.8 Prozent Zuwachs alle 39 Jahre); die Unterhaltsmittel dagegen können nur in arithmetischer Progression vermehrt werden. Hierdurch ist das Anwachsen einer Bevölkerung stark beschränkt, denn dasselbe kann naturgemäss nicht weiter gehen, wenn das niedrigste Maass von Unterhaltsmitteln erreicht ist, dessen die Bevölkerung zu ihrem Leben bedarf. Jeder intensiveren Vermehrung wirken vielmehr kräftige Hemmnisse entgegen; und diese sind zum Theil vorbeugende (Beschränkung der Nachkommenschaft durch sittliche Enthaltsamkeit, Ehelosigkeit, Vorsicht nach der Heirath), im Wesentlichen aber zerstörende, auf gesundheitsschädliche Einflüsse

aller Art basirte (schlechte Ernährung der Kinder, Epidemieen, Kriege, Hunger u. s. w.). Wirkt eine erfolgreiche Hygiene dahin, dass die Mortalitätsziffer absinkt, der jährliche Bevölkerungszuwachs also grösser wird, so müssen nur um so eher jene hemmenden Einflüsse zur Geltung kommen. Dauernde stärkere Zunahme der Bevölkerung kann also auch durch die hygienischen Reformen gar nicht erreicht werden.

Gegenwärtig ist in Deutschland der Ueberschuss der Geburten über die Sterbefälle bereits so erheblich, dass wir am Ende des jetzt beginnenden Jahrhunderts mehr als 200 Millionen Einwohner zählen werden. Eine ähnliche Bevölkerungszunahme weisen auch die anderen Kulturstaaten, England, Holland, Belgien, Schweden u. s. w. (mit Ausnahme von Frankreich) auf. Angesichts dieser enormen Ziffer ist in der That ein Zweifel darüber wohl berechtigt, ob sich für solche Menschenmassen Unterhaltsmittel werden beschaffen lassen. Aber es ist das eine Frage, die den Hygieniker eigentlich gar nicht berührt. Wir können nicht eine einzige, die Gesundheit der jetzt lebenden Generation fördernde Maassregel unterlassen, weil eventuell kommenden Generationen der Nutzen wieder verloren geht oder gar Schwierigkeiten daraus erwachsen. Ausserdem aber ist es zweifellos, dass gerade in unserer jetzigen Zeit das Malthus'sche Gesetz in Bezug auf die langsame und begrenzte Vermehrung des Unterhalts seine Gültigkeit verloren hat. Auf den verschiedensten Wegen gelingt es jetzt, dank den sich häufenden wissenschaftlichen Entdeckungen und technischen Erfindungen, den Kreis der nutzbaren Lebensmittel zu erweitern. Die Landwirtschaft kann eine gesteigerte Produktion in Aussicht stellen durch neue Hülfsmittel für die Regenerirung des Ackers, durch wirksame Bekämpfung der Viehseuchen, durch Verwerthung der neu entdeckten Assimilirung des Stickstoffs der Luft durch gewisse Pflanzen. Schon ist der Chemie die künstliche Herstellung von Kohlehydraten im Laboratorium geglückt, und in nicht zu ferner Zeit werden gewiss die technischen Schwierigkeiten überwunden sein, welche sich einer rentablen künstlichen Herstellung von Nährstoffen noch entgegenstellen. Daneben gelingt es schon jetzt, Abfallprodukte der Industrie in brauchbare Nahrungsmittel umzuwandeln oder hygienisch vollwerthige Surrogate für theuere Nährstoffe aus billigem Material herzustellen. Und schliesslich sind die modernen Verkehrsmittel im Stande, durch reichlichen Import eine ungenügende heimische Produktion in sehr hohem Maasse auszugleichen.

Können wir uns so über die Malthus'schen Einwände leicht hinwegsetzen, so fragt es sich weiter, ob wir ebenso leicht Stellung nehmen können gegenüber den Bedenken, die von Spencer gegen die Lei-

stungen der Hygiene erhoben sind. HERBERT SPENCER stellt sich in seinem Werke: The study of sociology (von dem 1875 eine deutsche Ausgabe erschien) im Grossen Ganzen auf den MALTHUS'schen Standpunkt, fügt aber noch die Behauptung hinzu, dass durch die Verminderung der Schädlichkeiten eine Anzahl schwächerer Individuen am Leben erhalten werde, welche sich dann vermehren und so die durchschnittliche Tüchtigkeit herabsetzen. Die schwächlicher gewordene Gesellschaft vermöge dann auch den geringer gewordenen Schädlichkeiten nicht zu widerstehen, und so komme die Sterblichkeit bald wieder auf das frühere Maass, und die hygienische Besserung sei vergeblich gewesen.

Diese Deduction SPENCER's, die seither gern auch von Anderen gegen die hygienischen Reformen in's Feld geführt wird, enthält indess einen logischen Fehler. Wenn Individuen vorhanden sind, die gegenüber bestimmten Schädlichkeiten die Schwächeren sind, und wenn dann diese Schädlichkeiten beseitigt und dadurch jene Individuen am Leben erhalten werden, so sind sie nun gar nicht mehr die Schwächeren, sondern sie waren es nur gegenüber jenen bestimmten Krankheitsursachen. Man kann unter den „Schwächeren" nicht etwa die allgemein Schwächeren und weniger Leistungsfähigen verstehen; denn diese werden gar nicht von den hauptsächlich in Betracht kommenden Krankheiten mehr ergriffen als andere Individuen, sondern Cholera, Typhus, Diphtherie u. a. suchen ihre Opfer oft gerade unter den kräftigsten Männern und Kindern, die nur in Folge einer besonderen Epithelbeschaffenheit, Giftempfänglichkeit u. dgl. diesen Krankheiten erliegen. Die furchtbare Säuglingssterblichkeit betrifft auch nicht vorzugsweise Kinder, die von Anfang an schwächlich waren und zu kräftigen Menschen nicht heranwachsen konnten, sondern ursprünglich vollgesunde Kinder sehen wir durch unverständige Behandlung und Diätfehler disponirt werden für die Seuchen der heissen Sommermonate, die sie nun in grosser Zahl blitzartig dahinraffen. Und wenn wir die zur Erkrankung an Tuberkulose Disponirten vor der Ansiedlung des Krankheitserregers von Jugend auf wirksam zu schützen vermögen, so conserviren wir uns damit kein schwächliches minderwerthiges Menschenmaterial; sondern die Minderwerthigkeit dieser Menschen bestand eben im wesentlichen nur darin, dass sie für den Tuberkelbacillus empfänglich waren, und sie sind so gut lebens- und leistungsfähig, wie Andere, wenn diese specifische Gefahr beseitigt ist.

Der Behauptung SPENCER's lässt sich mit mehr Recht eine andere entgegenstellen: Die hygienischen Reformen bewirken in der That eine gewisse Auslese der Bevölkerung, aber in dem Sinne, dass die sittlich und intellectuell höher stehenden Menschen vor den übrigen bevorzugt

werden. — Dies ergiebt sich, wenn man zweierlei Arten von hygienischen Reformen unterscheidet: erstens generelle, von denen Alle ohne jedes Zuthun des Einzelnen profitiren. Dahin gehören z. B. allgemeine obligatorische Impfungen, wie die Schutzpockenimpfung; Kanalisation und Wasserversorgung, wenn sie möglichst allen Einwohnern in gleicher Weise zugänglich gemacht sind. Zweitens hat aber ein sehr grosser Theil der hygienischen Reformen mehr facultativen Charakter, und durch diese kann dann eine gewisse elective Wirkung ausgeübt werden. Z. B. das Diphtherieserum wirkt erfahrungsgemäss nur dann sicher, wenn es bald nach dem Ausbruch der Krankheit zur Anwendung kommt; ebenso kann Ansteckung nur durch frühzeitige Isolirung verhütet werden. Nur die Eltern, die ihre Kinder sorgsam beobachten und deren Behandlung energisch betreiben, haben den vollen Vortheil von jenen Maassnahmen; während dieselben in nachlässigen indolenten Familien keinen Erfolg haben. Bei der Behandlung und Verhütung der Phthise kommt es auf frühzeitige Erkennung, auf lange und consequent fortgesetzte Kuren, auf Sorgsamkeit im Verhüten der Ansteckung an; für leichtsinnige, liederliche, willensschwache Menschen giebt es bei weitem nicht in dem gleichem Maasse Schutz und Rettung. — Mögen wir den Müttern in der kritischen Zeit der Hochsommerepidemieen einwandfreie Kindernahrung unentgeltlich zur Verfügung stellen, immer wird ein Theil derselben durch sonstige nachlässige Behandlung der Kinder oder durch thörichte Behandlung der gelieferten Nahrung trotzdem eine günstige Wirkung nicht aufkommen lassen. Und wenn z. B. in Oesterreich die Schutzpockenimpfung nicht obligatorisch, sondern nur empfohlen ist, so wird derjenige Theil der Bevölkerung sich die Vortheile dieser facultativen Maassregel entgehen lassen, der zu indolent ist oder die Tragweite seiner Unterlassung nicht zu beurtheilen vermag.

Kurz — wir können uns mit der Mehrzahl der hygienischen Reformen stets nur an einen Theil der Bevölkerung wenden; nicht etwa an den bemittelteren, sondern im Gegentheil sind es die ärmeren Klassen, die selbstverständlich vorwiegend unsere Fürsorge erfordern; wohl aber nur an diejenigen, die guten Willen, Eifer und Einsicht in ausreichendem Maasse unseren Reformen entgegenbringen.

Die so durch die hygienischen Bestrebungen zu Stande kommende intellectuelle und moralische Auslese darf man nicht gering veranschlagen. Die Gesundheit ist der Güter höchstes nicht; und wenn schliesslich eine Hebung der Volksgesundheit in noch höherem Grade als jetzt gelänge durch hygienische Reformen von durchweg generellem Charakter, und wenn davon unterschiedslos auch die unlauteren, moralisch und intellectuell minderwerthigen Elemente betroffen würden,

so könnte doch die Zeit kommen, wo gerade begünstigt durch diese Erleichterung der physischen Existenzbedingungen ein cultureller Niedergang und eine Gefährdung von Kunst, Wissenschaft und Sitte drohte. Dem wirkt jener facultative Charakter der meisten hygienischen Maassnahmen entgegen. Und so sehen wir, dass die Hygiene in den Kampf für die idealen Güter kräftig einzugreifen hat, und dass sie sich auch hierin den übrigen wissenschaftlichen Fächern anreiht, von denen jedes in seiner Weise in diesem Kampfe mitzuwirken berufen ist.

Eine übersichtliche und ungezwungene Eintheilung des Inhalts der Hygiene ist durch die Fülle und Ungleichartigkeit des Materials einigermaassen erschwert. Zweckmässig werden zwei grössere Abtheilungen dadurch hergestellt, dass zunächst die allgemeinen, überall in Betracht kommenden Einflüsse der natürlichen Umgebung besprochen werden; diesen gegenüber sind zweitens die speciellen Einflüsse der künstlich durch Eingreifen des Menschen modificirten Umgebung zu erörtern. Es würde jedoch das Verständniss nur erschweren, wollte man diese Gruppirung in rigoroser Weise durchführen. In einzelnen Kapiteln, wie z. B. beim Wasser, ist die Beschreibung der künstlichen Einrichtungen zur Wasserversorgung nicht wohl von der Schilderung der natürlich gegebenen Bezugsquellen des Wassers zu trennen. Demnach wird die angegebene Eintheilung nur im Allgemeinen für die Reihenfolge der einzelnen, im Inhaltsverzeichniss näher aufgeführten Kapitel maassgebend sein.

Erstes Kapitel.

Die Mikroorganismen.

Unter „Mikroorganismen“ begreifen wir zahlreiche kleinste Lebewesen, welche zu den niedersten Pflanzen gehören oder auf der Grenze zwischen Thier und Pflanze stehen. Die Mehrzahl derselben zeigt nur 1 μ Durchmesser oder weniger. Sie sind ausgezeichnet durch eine enorme Vermehrungsfähigkeit und durch eine besondere Breite der Existenzbedingungen. Es giebt Arten von Mikroorganismen, welche bei 0° wachsen, andere, welche bei 30°, wieder andere, welche bei 50° am besten gedeihen; einige Arten wuchern am üppigsten bei alkalischer Reaction des Nährbodens, andere bei sauerer Reaction. Auch die Art der Nährstoffe ist im Allgemeinen weniger beschränkt als bei Thieren und höheren Pflanzen. Während die Thiere complicirte organische Stoffe aufnehmen müssen und diese in ihrem Körper zerstören, und während die chlorophyllführende Pflanze auf relativ einfache organische Verbindungen (Ammoniak, Kohlensäure, Wasser) angewiesen ist, können die Mikroorganismen sowohl von einfachen Verbindungen aus als auch von complicirten Nährsubstanzen leben. Im Ganzen ziehen sie die letzteren vor und einige Arten vermögen sogar nur von den hochconstituirten Nährstoffen der Thiere zu leben.

Die Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur, indem sie fortlaufend grosse Massen absterbender vegetabilischer und animalischer Substanz zerstören und die darin enthaltenen Stoffe in jene einfachen Verbindungen überführen, mit welchen die Chlorophyll führenden Pflanzen ihren Aufbau leisten können.

Für die Hygiene haben die Mikroorganismen besonderes Interesse **erstens** dadurch, dass sie Gährung und Fäulniss erregen, d. h. dass sie unter Gasentwickelung in kürzester Zeit sehr bedeutende Mengen organischen Materials zu zerlegen vermögen. Diese Gährungen sind

uns theils nützlich, indem sie uns z. B. bei der Präparation mancher Nahrungsmittel unterstützen (Brot, Käse, Kefyr, Bier, Wein). Theils treten sie uns schädigend gegenüber, indem sie viele Nahrungsmittel rasch in einen ungeniessbaren Zustand überführen; indem ferner in faulenden Gemengen giftige Stoffe und stinkende Gase entstehen, welche die Gesundheit beeinträchtigen können.

Zweitens kommt vielen Mikroorganismen die Fähigkeit zu, den Kreis der für ihre Existenz geeigneten Bedingungen noch mehr auszudehnen; sie können nämlich in lebenden höheren Organismen, hauptsächlich Thieren, seltener Pflanzen, eine parasitäre Existenz führen. Sehr häufig bringen sie dabei ihren Wirthen Krankheit und Tod. Solche Mikroparasiten sind auch die Ursachen vieler beim Menschen auftretender Krankheiten; so sind bei Milzbrand, Rotz, Abdominal-Typhus, Cholera, Tuberkulose, den verschiedenen Wund-Infektions-Krankheiten u. a. m. Mikroorganismen als die ursächlichen Erreger ermittelt.

Dass in der That die Mikroorganismen die Ursache einerseits von Gährung und Fäulniss und andererseits von parasitären Krankheiten sind, ist neuerdings mit aller Schärfe bewiesen.

Es giebt allerdings Forscher, welche auch heute noch diese Rolle der Mikroorganismen anzweifeln. Dieselben glauben entweder, dass stets eine chemische Veränderung der todten oder lebenden Substanz der Ansiedelung und Thätigkeitsentfaltung der Mikroorganismen vorausgehen müsse; jene Veränderung soll das Wesentliche, die Rolle der Mikroorganismen etwas Nebensächliches sein. Oder sie nehmen in Anlehnung an die Hypothese der Generatio aequivoca an, dass aus absterbenden oder krankhaft veränderten und zerfallenden pflanzlichen oder thierischen Zellen Mikroorganismen entstehen können, so dass es also gar keines Zutritts der letzteren von aussen bedarf, um in einer todten Substanz Fäulnissorganismen oder im lebenden Körper parasitäre Organismen zu reichlichster Entwickelung kommen zu lassen (Béchamp's Mikrozymatheorie; Fokker's Heterogenese; Wigand's Anamorphose). Diese Ansichten sind nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse in keiner Weise mehr haltbar und durch eine Reihe sorgfältiger Beobachtungen und einwandfreier Experimente widerlegt.

Beweise für die ursächliche Rolle der Mikroorganismen bei der Gährung und Fäulniss.

1) In jeder faulenden Substanz finden sich Mikroorganismen. Wo sie vermisst werden, hat man entweder ungenügende Methoden angewandt oder man hat zu spät, nachdem bereits die Mikroorganismen wieder abgestorben waren, die gefaulte Substanz untersucht.

2) In organischen Substanzen, welche keine Erscheinungen von Gährung, Fäulniss oder Zersetzung darbieten, finden sich keine Migroorganismen, oder doch nur solche, welche nachweislich eine schnelle, leicht wahrnehmbare Aenderung der Substanz nicht zu bewirken vermögen. — Ehe man die einzelnen Arten von Mikroorganismen und ihren äusserst ungleichen Effect gegenüber der gleichen organischen Substanz kennen gelernt hatte, wurde jeder Befund von

irgendwelchen Mikroorganismen in nicht gährenden Substraten gegen ihre Rolle bei der Gährung verwerthet. Jetzt weiss man, dass nur die Abwesenheit von bestimmten gährungserregenden Mikroorganismen in gährfreien Substraten erwartet werden darf.

3) Das überaus verbreitete Vorkommen von Gährung und Fäulniss deckt sich mit der Verbreitung der Mikroorganismen. Dieselben finden sich überall, im Luftstaub, im Wasser, an allen Gegenständen haftend; so dass sie an jedem Ort vorhanden sind und in Aktion treten können, wo immer gährfähige Substanz in Gährung geräth.

4) Hemmt man die Entwickelung von Mikroorganismen durch Zusatz gewisser für sie giftiger Substanzen zum gährfähigen Subtrat, so tritt keine Zersetzung ein. Gifte für Mikroorganismen sind z. B. Phenol, Salicylsäure, Essigsäure, grosse Mengen Salz etc. Bekanntlich werden manche von diesen Giften angewendet, um Nahrungsmittel zu conserviren, d. h. vor Gährung und Fäulniss zu schützen. Sobald man aber das Gift aus der conservirten Substanz entfernt, z. B. das Salz mit Wasser auslaugt, oder die Säure neutralisirt, so tritt alsbald Zersetzung ein.

5) Tödtet man die einer gährfähigen Substanz anhaftenden Organismen und hindert den Zutritt neuer Mikroorganismen, so tritt keine Gährung ein. Dieses Experiment kann z. B. so ausgeführt werden, dass man die gährfähige Substanz in einem Glas- oder Blechgefäss stark erhitzt und gleichzeitig das Gefäss zuschmilzt. Durch die Hitze werden alle lebenden Wesen und so auch die anhaftenden Mikroorganismen sicher getödtet; durch das Zuschmelzen ist der Zutritt neuer Mikroorganismen gehindert. So behandelte gährfähige Substanzen halten sich in der That völlig unverändert.

Man hat wohl eingewendet, dass durch das Zuschmelzen der Sauerstoffzutritt zur gährfähigen Substanz gehindert und dadurch die Gährung unmöglich gemacht werde. Das Experiment ist aber leicht so einzurichten, dass man den Luftsauerstoff ungehindert zutreten lässt. Da die Luft an sich keine Gährung bewirkt, sondern nur die etwa in ihr enthaltenen Mikroorganismen, so müssen nur diese entfernt werden; dann aber darf der Luftzutritt ohne Bedenken gestattet werden. Um die Luft von Mikroorganismen zu befreien, kann man dieselbe durch ein glühendes Glasrohr leiten, oder man filtrirt sie durch ein Filter von lockerer Watte, welches erfahrungsgemäss völlig ausreicht, um alle körperlichen Elemente der Luft und auch die Mikroorganismen zurückzuhalten. Oder man kann das Gefäss mit gährfähiger Substanz in ein offenes Rohr übergehen lassen, dem man nur ein oder zwei Krümmungen nach abwärts giebt; da die Mikroorganismen, wenn sie auch noch so klein sind, doch immer ein gewisses Gewicht besitzen, sind die gewöhnlichen, im Zimmer vorkommenden Luftströmungen nicht im Stande, sie nach aufwärts und über die Krümmungen hinweg in das Innere des Gefässes zu führen. In allen diesen Versuchen bleibt trotz des völligen ungehinderten Zutritts der gasförmigen Bestandtheile der Aussenluft die gährfähige Substanz unzersetzt.

Das Experiment ist dann noch in der Weise zu ergänzen, dass man die conservirte Substanz nachträglich absichtlich mit Mikroorganismen in Berührung bringt (z. B. durch Entfernung des Wattepfropfens oder durch Abbrechen des gekrümmten Rohres). Es tritt dann ausnahmslos binnen kürzester Zeit Gährung ein, und es wird hierdurch bewiesen, dass die gährfähige Substanz durch das vorausgehende Erhitzen nicht etwa ihre Gährfähigkeit verloren hatte.

6) Ein Einwand könnte trotzdem noch gegen die Beweiskraft der geschilderten Experimente erhoben werden. Wenn nämlich, wie es die Anhänger der Generatio aequivoca oder der Anamorphose behaupten, aus den thierischen und pflanzlichen Zellen Mikroorganismen entstehen können, so ist selbstverständlich durch das Erhitzen der Substanz resp. durch Zusatz von Giften eine derartige „spontane" Entstehung von Mikroorganismen unmöglich gemacht. Dass dieselben Substanzen auf Zusatz von Mikroorganismen sich noch gährfähig zeigen, beweist nur, dass die von aussen hereingelangenden Mikroorganismen auch im Stande sind, Gährung zu erregen; es fehlt aber der Beweis dafür, dass nicht vielleicht ebensowohl ohne Zutritt von Mikroorganismen aus der völlig unveränderten, nicht geschädigten Zellsubstanz Mikroorganismen entstehen können, welche Gährung bewirken.

Um diesen letzten Einwand zu widerlegen, ist es offenbar nöthig, gährfähige Substanzen zu conserviren, ohne dass man sie vorher mit Hitze, Giften oder anderen die Zellen schädigenden Einflüssen behandelt. Auch solche Versuche lassen sich nun leicht ausführen und ergeben stets dasselbe Resultat, sobald der Experimentator die nöthige Uebung sich erworben hat. Will man ein Stück einer Pflanze oder eines Thieres in dieser Weise conserviren, so muss man allerdings von der äusseren Oberfläche der Pflanzen oder Thiere absehen, da an dieser stets Mikroorganismen haften. Im Innern finden sich aber erfahrungsgemäss keine Mikroorganismen und man braucht dann nur in einem Zimmer, dessen Luft und Gegenstände vorher sorgfältig sterilisirt, d. h. von Mikroorganismen befreit sind, mit sterilisirten Händen und mit erhitzten und dann wieder abgekühlten Instrumenten in das Innere des Pflanzen- oder Thierkörpers vorzudringen, dort ein Stück abzuschneiden und in einem vorher sterilisirten Gefäss unter Watteverschluss aufzubewahren. So lässt sich z. B. ein Stück Leber eines Kaninchens, oder ein Stück Muskel, oder ein Stück aus dem Innern einer Kartoffel u. dgl. ohne jede Anwendung von Conservirungsmitteln jahrelang in unverändertem Zustande conserviren. Diese Versuche sind in neuerer Zeit in so grosser Zahl und mit so übereinstimmendem Resultat ausgeführt, dass die hier und da erhaltenen entgegengesetzten Ergebnisse unbedingt auf mangelhaftes Beherrschen der technischen Methoden zurückzuführen sind.

7) Ueberträgt man eine minimale Menge von einem Substrat, welches sich in einer bestimmten specifischen Gährung befindet, und in welchem durch diese Gährung specifische Produkte gebildet werden, oder aber von einer Reincultur der betreffenden specifischen Gährungserreger auf eine neue gährfähige Substanz, so wird die gleiche specifische Gährung (Milchsäure-, Buttersäure-, Alkoholgährung etc.) hervorgerufen und es finden sich auf der Höhe der Gährung nur die übertragenen Organismen in solcher Zahl, dass durch ihre Aktion der ganze Gährungsprocess seine zureichende Erklärung findet.

Neuerdings ist es E. Buchner gelungen, alkoholische Gährung nicht nur durch lebende Hefe, sondern auch durch die unter starkem Druck ausgepresste Leibessubstanz der Hefezellen (Zymase) hervorzurufen. Diese Entdeckung ändert nichts an der Auffassung von der Abhängigkeit jeder Gährung von der Lebensthätigkeit bestimmter Mikroorganismen; jene Substanz wird eben nur in den lebenden Organismen gebildet und repräsentirt das Mittel, dessen sich die lebende Zelle zur ausgedehnten Zerlegung des Nährmaterials bedient.

Analoge Beweise für das Zustandekommen zahlreicher Infektionskrankheiten durch Mikroorganismen:

1) Bei vielen Infektionskrankheiten der Menschen und Thiere beobachten wir im Blut und in den Organen Mikroorganismen und zwar in jedem Einzelfall einer bestimmten Krankheit immer die gleiche wohlcharakterisirte Art von Mikroorganismen. Je vollkommener unsere Untersuchungsmethoden werden, um so sicherer und bei um so zahlreicheren Krankheiten gelingt dieser Nachweis.

2) Bei gesunden, von Infektionskrankheiten freien Menschen und Thieren finden wir im Blut und im Innern der Organe keine Mikroorganismen. Es geht dies mit Sicherheit aus den oben beschriebenen Conservirungsversuchen mit thierischen Organen hervor. Ausnahmsweise können sich unschädliche Mikroorganismen, welche zufällig oder durch das Experiment in die Blutbahn gelangt waren, in inneren Organen gesunder Thiere eine Zeit lang lebendig erhalten.

3) Die Verbreitung der Infektionskrankheiten entspricht durchaus der Verbreitung der verschiedenen specifischen Mikroorganismen in unserer Umgebung, so dass stets die Möglichkeit gegeben ist, dass durch die von aussen mittelst Luft, Wasser, Nahrung, oder Berührung oder von der Haut- bezw. Schleimhautoberfläche (z. B. Nasen- und Mundhöhle) in den Körper gelangten Mikroorganismen die Krankheit hervorgerufen wurde.

4) Wird eine Haut- oder Schleimhautwunde, an welcher schädliche Mikroorganismen haften, fortgesetzt mit Substanzen, welche die Vermehrung der Mikroorganismen hemmen (Carbolsäure), behandelt, so bleiben die Symptome einer Wundinfektion, Eiterung und Fieber, aus (Antisepsis).

Unterbricht man die antiseptische Behandlung und erfolgt darauf Vermehrung der Organismen, so tritt alsbald Eiterung oder Fieber ein.

5) Tödtet man die in einer Wunde etablirten schädlichen Mikroorganismen durch Hitze, starke Carbolsäure, Sublimat oder dergleichen, und hindert dann den Zutritt neuer Mikroorganismen durch abschliessende keimfreie Verbände, so tritt keine Eiterung und kein Fieber ein (Asepsis).

Ist der Abschluss unvollkommen und gelangen in irgendwelcher Weise infektiöse Mikroorganismen in die Wunde, so zeigen sich in Kürze die Symptome der Wundinfektion — ein Zeichen, dass nicht etwa die Substanz der Wunde durch jene Eingriffe unfähig geworden war zur Auslösung einer Infektion, sondern dass die letztere nur so lange ausblieb, als es an geeigneten Mikroorganismen fehlte.

6) Auch ohne Anwendung von irgendwelchen die Mikroorganismen oder die Körperzellen schädigenden Substanzen kann eine Wunde vor Infektion geschützt werden, wenn die Wunde in keimfreier Haut mit keimfreien Instrumenten angelegt und durch entsprechende Verbände gegen späteres Eindringen schädlicher Mikroorganismen geschützt wird (Aseptische Operation).

Während früher, ehe man die ursächliche Rolle der Mikroorganismen bei den Infektionskrankheiten richtig erkannt hatte, zahlreiche Operationswunden mit Eiterung, Erysipel, Septicämie oder Pyämie (sog. Blutvergiftung) complicirt waren, vermag jetzt jeder Operateur nur durch sorgfältiges Fernhalten der diese Krankheiten erregenden Mikroorganismen einen reaktionslosen Verlauf der Wunden zu bewirken. Niemals sehen wir eine Wundinfektionskrankheit durch einen „Zersetzungsprocess" im Körper oder durch Einverleibung chemischer „Gifte" entstehen; wo Wundinfektion eintritt, ist dieselbe vielmehr mit Bestimmtheit auf das Eindringen specifischer Mikroorganismen zurückzuführen.

7) Viele Infektionskrankheiten lassen sich von Thier zu Thier fortgesetzt übertragen dadurch, dass man minimale Dosen Blut oder Organsubstanz des erkrankten Thieres auf gesunde Thiere überträgt. Solche Uebertragungen hat man durch Reihen von 100 Thieren und mehr fortgeführt. Jedes derselben erkrankt dann an der specifischen Infektionskrankheit und zeigt stets die specifische Art von Mikroorganismen in solcher Zahl und Vertheilung in den Organen, dass alle wesentlichen Krankheitserscheinungen dadurch ihre Erklärung finden.

Man hat früher wohl eingewendet, dass das eigentlich Ursächliche bei diesen Uebertragungen vielleicht eine gewisse Körpersubstanz aus dem kranken Organismus sein könne, welche den Mikroorganismen anhaftet und zusammen mit diesen übertragen wird. Dieser Einwand wird indessen dadurch ausgeschlossen, dass man die Mikroorganismen von Allem befreit, was ihnen etwa noch vom kranken Körper her anhaften kann. Zunächst strebte man dies zu erreichen durch starke Verdünnung des Blutes des erkrankten Thieres; selbst durch weniger als den tausendsten Theil eines Tropfens gelang es dann oft noch, die specifische Krankheit bei einem gesunden Thiere ebenso energisch wie durch enorm viel grössere Dosen auszulösen. Das in solcher Weise wirksame Agens konnte offenbar nur in einem vermehrungsfähigen Etwas, d. h. in lebenden Organismen, bestehen. — Da dies Experiment aber nicht bei allen Infektionserregern gelingt, hat man weiter auch wohl versucht, durch Filtration die Mikroorganismen zu isoliren. Auch diese Experimente stossen auf manche Schwierigkeiten und erst nach vielen vergeblichen Versuchen sind Filter construirt, welche in der That alle Mikroorganismen aus Flüssigkeiten zurückhalten. Dabei hat sich dann gezeigt, dass das keimfreie Filtrat nicht im Stande ist, Infektion auszulösen, sondern nur die auf dem Filter zurückbleibende Masse von Mikroorganismen.

In neuerer Zeit gelingt die Isolirung vieler infektiöser Mikroorganismen in einfachster und sicherster Weise durch die künstliche Cultur. Bringt man etwas Blut aus dem an einer Infektionskrankheit gestorbenen Thier auf ein Substrat, welches den Mikroorganismen als Nährboden dienen kann, z. B. auf durchschnittene Kartoffeln oder in einen grösseren Kolben mit Bouillon, so vermehren sich die betreffenden Mikroorganismen schnell in's Ungemessene. Nach 2 Tagen findet man das ganze Nährsubstrat von der kleinen Impfstelle aus vollständig durchwachsen. Man überträgt nun von dieser ersten Cultur eine minimalste Menge auf einen neuen Nährboden, lässt dort wieder die Mikroorganismen sich massenhaft vermehren und bringt wiederum eine minimale Menge auf ein drittes Substrat; und so fort durch eine Reihe von 100 und mehr „Generationen“. Von der letzten Cultur impft man den Bruchtheil eines Tropfens in eine kleine Wunde eines gesunden Thieres und ruft dadurch mit vollster Sicherheit dieselbe specifische Infektionskrankheit hervor, welche den Ausgangspunkt der Versuchsreihe gebildet hatte. Es ist nicht denkbar, dass etwas Anderes als lebende vermehrungsfähige Mikroorganismen nach dem Durchgang durch die lange Reihe der künstlichen Culturen im Stande gewesen sein sollte, die krankheitserregende Wirkung unverändert zu erhalten. Vielmehr müssen wir in diesen Experimenten einen Beweis dafür sehen, dass specifische von aussen in den Körper gelangte Mikroorganismen die ursächlichen Erreger der Infektionskrankheiten sind.

Viele Infektionserreger sind allerdings dem gesunden Körper gegenüber machtlos, und es bedarf zur Auslösung der Infektionskrankheit

noch einer besonderen Disposition des Körpers (s. im 10. Kapitel). Niemals aber ist die Disposition an und für sich ausreichend für das Zustandekommen der Krankheit, sondern letztere tritt erst ein unter dem specifischen Einfluss der von der Umgebung oder von anderen Menschen aus in den Körper eingedrungenen und in die disponirten Organe gelangten Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen gehören grösstentheils zu den niederen Pflanzen, theilweise zu den niedersten Thieren. Für unsere Zwecke erscheint es praktisch, fünf grössere Gruppen zu unterscheiden, nämlich: 1) Fungi, Faden-(Schimmel-)pilze; 2) Blastomycetes, Sprosspilze; 3) Schizomycetes, Spaltpilze; 4) Streptothricheen; 5) Protozoën.

I. Fungi, Faden- (Schimmel-)pilze.

Zellen relativ gross, meist 2—10 μ im Durchmesser; bestehen aus celluloseähnlicher Hülle und anscheinend kernlosem Protoplasma. Sie wachsen durch Verlängerung an der Spitze zu Fäden oder Hyphen aus. Letztere sind meist gegliedert und häufig verzweigt durch Theilung der Endzelle. Die auf dem Nährsubstrat wuchernden Fäden, welche von dort die Nahrung aufnehmen, bezeichnet man als Mycelium. Vor diesem erheben sich aufwärts die Fruchthyphen, welche an ihrer Spitze die Sporen tragen, d. h. rundliche oder längliche, meist mit derber Membran versehene Zellen, ausgezeichnet dadurch, dass sie nach ihrer Abtrennung von den Fruchthyphen auf jedem guten Nährsubstrat zu einem Keimschlauch und demnächst wieder zu einem neuen Mycel auswachsen können. Die Sporen dienen daher zur Fortpflanzung und zur Erhaltung der Art; sie können in trockenem Zustand lange aufbewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. — Unter gewissen Umständen bilden die Sporen (Conidien) durch Sprossung neue Conidien, die erst bei Aenderung der Verhältnisse zu Mycelfäden auskeimen.

Die Sporen bilden sich dadurch, dass sie aus der an der Spitze der Hyphe befindlichen Endzelle durch querwandige Theilung sich abschnüren (= Conidien); oder die Endzelle vergrössert sich zum sog. Sporangium oder Ascus, in dessen Innerem durch Theilung des Plasmas die Sporen entstehen. Bei vielen Arten findet sich neben der ungeschlechtlichen eine geschlechtliche Fructification (Oosporen, Zygosporen). — Ausser Sporen kommt vielfach eine andere Dauerform vor, dadurch dass die Mycelfäden in kurze Glieder zerfallen

(Oïdienbildung); oder dadurch, dass sich alternirend ein Glied des Mycelfadens verdickt, während das nächste leer wird (Gemmen- oder Chlamydosporenbildung).

Man begegnet den Schimmelpilzen auf allen möglichen todten Substraten, sie sind im Ganzen in Bezug auf ihren Nährbedarf sehr wenig wählerisch. Im Gegensatz zu den Spaltpilzen können sie auch auf relativ wasserarmem Substrat und bei saurer Reaktion des Nährbodens gut gedeihen. Will man daher bei künstlichen Culturen von Schimmelpilzen die rasch wachsenden Spaltpilze fernhalten, so setzt man dem Nährsubstrat zweckmässig 2—5 Procent Weinsäure zu. Gekochte Kartoffeln, Brotbrei oder Gelatine-, resp. Agargemische, in solcher Weise angesäuert, sind am geeignetsten zur künstlichen Züchtung. Die Sporenbildung vollzieht sich nur an freier Luft; unter Wasser entwickelt sich höchstens steriles Mycel. — Sehr abhängig zeigen sich die Schimmelpilze von der Aussentemperatur. Das Optimum liegt für die einen Arten bei + 15°, für andere Arten bei + 40°; je nach der Temperatur gedeiht daher bald diese bald jene Art auf demselben Substrat. Viele kommen parasitisch auf Pflanzen und niederen Thieren vor, so die Brandpilze des Getreides, der Pilz der Kartoffelkrankheit, der Mutterkornpilz, die Rostpilze; die Empusa der Stubenfliegen, der Muskardinepilz der Seidenraupen etc.

Der Eintheilung der Fadenpilze wird jetzt allgemein das Brefeld'sche System zu Grunde gelegt. Nach Brefeld stehen auf der untersten Stufe die algenähnlichen Pilze, bei denen vorzugsweise geschlechtliche Fructification vorkommt; die höheren Stufen umfassen die Pilze, welche nur in Sporangien und Conidien, schliesslich nur in Conidien (Basidien) fructificiren. —

Von der grossen Menge bekannter Arten seien hier nur einige angeführt, welche entweder wegen ihres allverbreiteten Vorkommens unser Interesse beanspruchen, oder welche eine pathogene Wirkung auch auf Warmblüter ausüben.

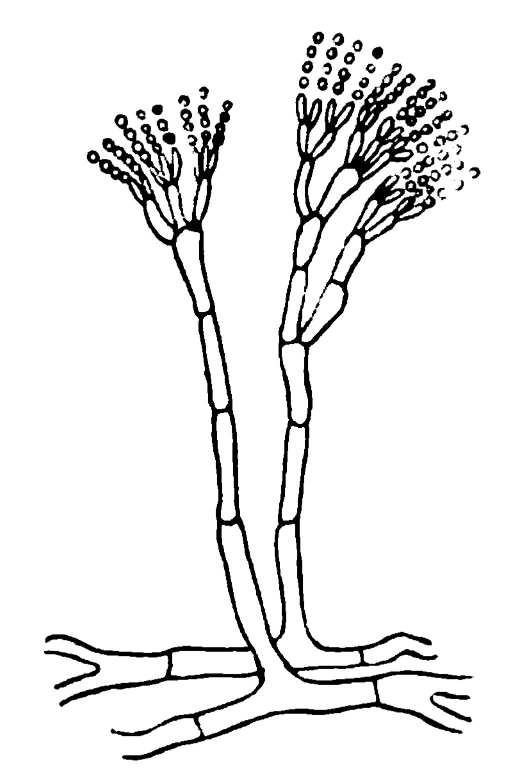


Fig. 1. Penicillium. 200:1.

Penicillium, namentlich P. glaucum, der gemeinste Schimmelpilz. Wuchert selbst in destillirtem Wasser, in vielen Arzneien etc. An der Spitze der Fruchthyphen tritt ein Quirl von Aesten pinselförmig hervor, und diese tragen Ketten von kugeligen, 3.5 μ messenden Sporen. Flockiges weisses Mycel, nach der Sporenbildung grün. Wächst am besten bei 15—20°, verkümmert bei 38°. Grosse Massen Sporen, welche Warmblütern durch Inhalation oder durch Injektion in's Blut beigebracht werden, rufen keinerlei Wirkung hervor, sie bleiben wochenlang in Milz und Leber liegen, ohne auszukeimen.

Oïdium. Als Mehlthau auf lebenden Pflanzen parasitirend; zahlreiche Arten; oft nur die Oïdienfructification von Arten, die unter anderen Bedingungen

Sporen bilden. Auf todtem Substrat namentlich O. lactis, Milchschimmel, Mycel und Sporen weiss. Einfache aufrechte Fruchthyphen mit endständiger Kette von walzenförmigen „Sporen“. Findet sich regelmässig auf saurer Milch. Gedeiht zwischen 19 und 30° am besten, fängt bei 37° an zu verkümmern. Völlig unschädlich, wie Penicillium.

Bei Favus, Herpes tonsurans, Pithyriasis versicolor, beim sog. Mäuse-Favus finden sich oïdiumähnliche Formen; jedoch sind dieselben keinesfalls mit Oïdium lactis identisch, sondern repräsentiren specifische Arten, deren botanische Zugehörigkeit noch zweifelhaft ist. Von Trichophyton tonsurans scheinen verschiedene Arten oder Varietäten zu existiren. Ebenso soll der Favuspilz (Achorion Schoenleinii) nach einigen Beobachtern in mehreren Varietäten auftreten, während Andere stets die gleiche Art gefunden haben. Dieselbe vegetirt in den gewöhnlichen Gelatine- oder Agar-Nährböden namentlich unter der Oberfläche und bildet grauweisse später gelbliche Rasen, von deren Peripherie sich moosartige Ausläufer in die Tiefe erstrecken.

Fig. 2. Oïdium lactis. 200:1.

Mucor. Familie von zahlreichen Arten. Sporenbildung in Sporangien. Am häufigsten kommen saprophytisch vor M. mucedo und M. racemosus. Vier Arten, M. rhizopodiformis, M. corymbifer, M. pusillus und M. ramosus, die sämmtlich bei 37° am besten gedeihen, bewirken den Tod von Kaninchen, wenn ihre Sporen in grösserer Menge in die Blutbahn injicirt werden. Es finden sich dann in den verschiedensten Organen, namentlich in den Nieren, zahlreiche kleine Pilzmycelien ohne Fructifikation. Injicirt man kleinere Mengen von Sporen, so werden diese von Leukocyten umzingelt und es kommt weder zur Bildung von Mycelien, noch zu Krankheitserscheinungen. Auch beim Menschen hat man Ansiedelungen dieser Mucorarten, z. B. im äusseren Gehörgang, gefunden. Die übrigen Mucorarten, darunter auch solche, welche ebenfalls ihr Temperaturoptimum bei 37° haben, sind völlig unschädlich und vermögen auf dem lebenden Warmblüter nicht zu gedeihen.

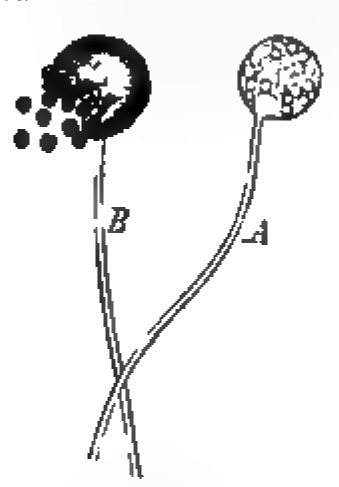


Fig. 3. Mucor mucedo. 200:1. *A* Unreifes, *B* reifes, platzendes Sporangium.

Aspergillus. Bildet Fruchtträger, welche an der Spitze kugelförmig angeschwollen sind, auf dieser entwickeln sich kurze Stiele (Sterigmen) und dann erst die Ketten von runden Sporen. Das Mycel ist anfangs weiss, nach Eintritt der Sporenbildung je nach der Species gelb, grün, schwarz u. s. w. A. glaucus, gelbgrün, gedeiht am besten bei 10—12°, findet sich in Kellern, an feuchten Wänden, auf eingemachten Früchten etc. Völlig unschädlich für Warmblüter. Dagegen sind A. niger, A. fumigatus, A. flavescens und A. subfuscus, deren Temperaturoptimum ungefähr bei 37° liegt und die unter natürlichen Verhältnissen z. B. auf besonnten feuchten Bodenstellen, Misthaufen etc. wuchern können, für Warmblüter pathogen. Nach Injektion reichlicher Sporenmengen in die Blutbahn gehen Kaninchen zu Grunde unp man findet zahlreiche Mycelien im Herzen, in der Leber und in den Nieren. Nicht selten kommt es zu einer natürlichen Infektion von Warmblütern mit Aspergillussporen, namentlich mit denen von A. fumigatus. So findet man bei Vögeln häufig Wucherungen

solcher Schimmelpilze in den Luftwegen. Auch beim Menschen sind mycotische Erkrankungen durch die genannten Aspergillusarten beobachtet; die Ansiedelungsstätten bildeten die Bronchien und Lungen, der äussere Gehörgang, die Cornea u. s. w.

Erwähnt sei noch der zu den Hymenomyceten gehörige Hausschwamm, Merulius lacrymans, der im Bauholz und Mauerwerk wuchert. Er bildet ein farbloses Mycel, dessen Fäden oft Schnallenzellen zeigen (Fig. 5). An be-

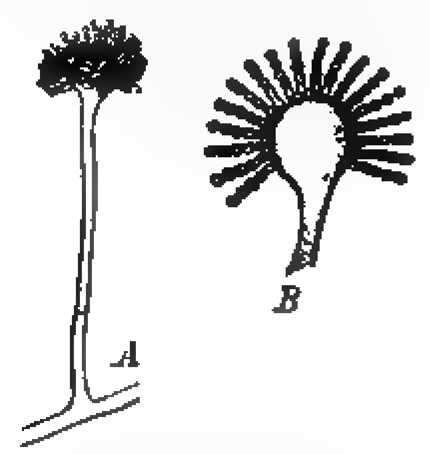


Fig. 4. Aspergillus.
A Fruchtträger mit Sporen. 150 : 1. B Schematischer Durchschnitt des Fruchtträgerkopfs mit Sterigmen und Sporen. 300 : 1.

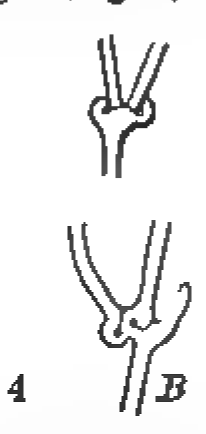


Fig. 5. Merulius lacrymans, Hausschwamm.
A Fruchtträger mit reifen Sporen. 400 : 1.
B Schnallenbildung an Mycelfäden. 400 : 1.

lichteten Stellen bilden sich als Fruchtträger aufrechte keulenförmige Basidien, auf jeder von diesen vier Sterigmen mit ovalen, gelbbraunen Sporen. — Ueber die hygienische Bedeutung des Hausschwamms s. im Kap. „Wohnung“.

Literatur: Frank, Botanik, 2. Theil von Leunis' Synopsis, Hannover 1882 u. folg. Jahre. — Brefeld, Botanische Untersuchungen, Leipzig. — Siebenmann, Die Fadenpilze, Wiesbaden 1883. — Flügge, Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896.

II. *Blastomycetes, Sprosspilze.*

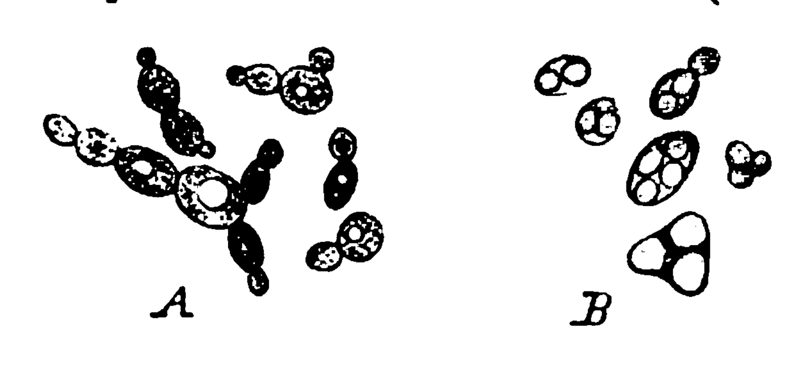
Ovale oder kuglige Zellen von 2—15 μ Durchmesser; zeigen eine zuweilen starke, doppelt-contourirte Membran, körniges Protoplasma, in letzterem Vacuolen. Die Vermehrung erfolgt für gewöhnlich durch Hervorsprossen einer Tochterzelle, welche sich schliesslich durch eine Querwand von der Mutterzelle scheidet, und dann entweder noch längere Zeit an dieser haftet (Bildung von Verbänden) oder sich loslöst. — Viele Sprosspilze, jedoch keineswegs alle, vermögen in Zuckerlösungen alkoholische Gährung zu erzeugen. Es sind zu unterscheiden:

a) Sprosspilze, welche nur eine gelegentliche Wuchsform von Schimmelpilzen darstellen. Mucor, Monilia u. a. m. können in Zuckerlösungen untergetaucht hefeartige Sprossungen treiben und dann etwas, aber sehr wenig, Alkohol und Kohlensäure bilden. Sobald es dem Pilz (z. B. durch aufsteigende CO_2-Bläschen) ermöglicht wird, an die Oberfläche zurückzukehren, tritt wieder Fadenbildung ein.

b) Torula-Arten. Sprosspilze, welche sowohl in Flüssigkeiten wie auch auf festem Substrat lediglich Sprossungen bilden. Sie vermögen keine oder nur ganz schwache Alkoholgährung hervorzurufen.

Die Culturen auf festem Substrat (Gelatine) zeigen oft lebhafte Farbe, rosa, schwarz u. s. w. Manche Arten, z. B. die rosafarbenen, sind ausserordentlich verbreitet. — Auch die Torula-Arten gehören vermutlich zu gewissen höheren Pilzen.

c) Saccharomyces, echte Hefepilze. Vermehren sich in Zuckerlösung nur durch Sprossung und erzeugen dabei **Gährung**, d. h. sie zerlegen Glykosen, namentlich Traubenzucker, in Kohlensäure und Alkohol. Rohrzuckerlösungen gehen langsamer in Gährung über, weil hier erst durch ein von der Hefe producirtes invertirendes Ferment eine Umwandlung des Rohrzuckers in Glykose eintreten muss. Obergährige Rassen von Hefepilzen bewirken sehr lebhafte, mit Emporreissen der Sprossverbände einhergehende Gährung, am besten bei höherer Temperatur. Andere Rassen (Unterhefe) rufen bei niederer Temperatur sog. Untergährung hervor. Diese Rassencharaktere erhalten sich constant.



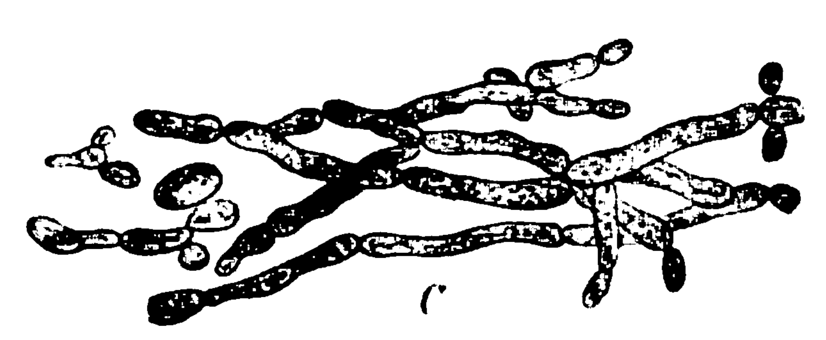


Fig. 6. Hefepilze. 400:1.
A Sprossung. *B* Sporenbildung. *C* Deckenbildung.

Unter den Zuckerarten sind nach E. Fischer's Untersuchungen nur diejenigen gährfähig, die in ihrem Molekül eine durch 3 ohne Rest theilbare Zahl von Kohlenstoffatomen enthalten, deren allgemeine Formel also ist: $C_{3n}H_{6n}O_{3n}$; hierzu gehört die Glycerose $C_3H_6O_3$, Traubenzucker, Fruchtzucker, Mannose und Galaktose $C_6H_{12}O_6$ und die Mannononose $C_9H_{18}O_9$; Tetrosen, Pentosen, Heptosen, und Octosen sind für Hefe unvergährbar. Ferner sind nur die zur *d*-Reihe gehörigen Zucker gährfähig, während die optisch entgegengesetzten *l*-Zucker unvergohren bleiben. Innerhalb der gährfähigen Gruppen findet dann je nach der Species der betr. Hefe noch eine ganz individuell beschränkte Auswahl des Gährmaterials statt.

Nach Ablauf der Gährung sieht man bei allen echten Hefepilzen innerhalb 6—21 Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeiten **Deckenbildung** eintreten. Die Sprossungen werden dann undeutlicher und die Zellen länger, so dass sie an Hyphen erinnern. Die Temperaturgrenzen, bei welchen sich die Decken bilden, die Schnelligkeit der Bildung und das mikroskopische Aussehen der Decken liefern diagnostisch brauchbare Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Rassen.

Auf festem Nährsubstrat (Gelatine) oder auf Gipsplatten entstehen in den Hefepilzen resistentere **Sporen**, 1—10, gewöhnlich 1—4 an Zahl, und zwar durch freie Zellbildung innerhalb der vergrösserten Mutterzelle (Askosporen). In Bezug auf die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher die Sporenbildung vor sich geht, zeigen die einzelnen

Arten und Rassen erhebliche Unterschiede, welche wiederum für die Differential-Diagnose verwerthet werden können.

Von den Lebensbedingungen der Hefepilze sei erwähnt, dass sie ausser Zucker auch stets stickstoffhaltige Nährstoffe, lösliches Eiweiss, Pepton, Amide und dergleichen bedürfen. Ferner ist im Allgemeinen für das Wachsthum der Hefe Zufuhr von Sauerstoff erforderlich. Nur in gährenden Zuckerlösungen kann die Hefe auch bei Luftabschluss sich lange Zeit vermehren, weil dann durch die massenhafte Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure soviel Energie frei wird, dass dadurch ein Ersatz geliefert wird für diejenigen Energiemengen, welche sonst bei Zutritt von Sauerstoff durch Oxydation entstehen.

Bezüglich der Concentration und Reaction des Nährsubstrats halten sich die Hefepilze in der Mitte zwischen Schimmel- und Spaltpilzen. Bierwürze, Malzdekokt oder Pflaumendekokt, eventuell mit Zuckerzusatz, sind zur Cultur am besten geeignet; um Spaltpilze fernzuhalten, kann man zweckmässig etwa 1 Procent Weinsäure zufügen. Gegen freies Alkali sind die Hefepilze empfindlich. Die günstigste Züchtungstemperatur liegt im Allgemeinen bei 25—30°.

Es sind früher viele Arten und Varietäten von Hefe nach der Form und Grösse der Zellen unterschieden. Jedoch schwanken diese Verhältnisse bei der einzelnen Art so sehr, dass keine durchgreifenden konstanten Differenzen bestehen bleiben. Diagnostisch verwerthbar sind vielmehr nur die Erscheinungen der Sporenbildung und Deckenbildung. — Praktisch unterscheidet man namentlich Weinhefe und Bierhefe. Erstere bewirkt die „spontane“ Gährung des Mosts u. s. w. oder anderer zuckerreicher Flüssigkeiten. Im Gegensatz dazu wird die Bierhefe nur künstlich gezüchtet, indem immer von der in lebhafter Gährung befindlichen Bierwürze etwas für den nächsten Brau zurückbehalten wird. In ähnlicher Weise wird die in Form des Sauerteigs bei der Brotbereitung benutzte Hefe weiter cultivirt. Vielfach wird Presshefe verwendet, d. h. eine Bierhefe, welche durch mässige Wasserentziehung haltbar gemacht ist.

In allen diesen Hefearten findet man mehrere Rassen vereinigt, darunter oft auch solche, welche für den betreffenden Gährungsprocess unbrauchbar oder sogar schädlich sind und welche also nur zufällige Verunreinigungen darstellen. Hansen hat durch seine sorgfältigen Forschungen im Laboratorium der Karlsberg-Brauerei in Kopenhagen die Merkmale der guten, technisch verwendbaren Heferassen und andererseits derjenigen „wilden“ Hefen erkennen gelehrt, welche zu den sogenannten Krankheiten des Bieres u. s. w. Veranlassung geben. In Folge dessen wird jetzt meistens rein gezüchtete Hefe in den Gährungsgewerben benutzt.

d) Mycoderma cerevisiae et vini, der Kahmpilz (Saccharomyces Mycoderma). Bildet auf gegohrenen Flüssigkeiten die sogenannte Kahmhaut, welche erheblich schneller entsteht als die von echten Hefen gebildeten Decken. Die Haut ist matt, grauweiss, gefaltet und besteht wesentlich aus langgestreckten Zellen. Gährung erfolgt nicht, sondern nur Verbrennung des Alkohols.

Statt der Gattung Mycoderma stellen FISCHER und BREBECK die neue Gattung Endoblastoderma auf, von welcher einige Arten den früheren Mycodermaarten entsprechen. Die Gattung Endoblastoderma unterscheidet sich von Saccharomyces theils durch die für Mycoderma beschriebene Bildungsweise der Kahmhaut, theils durch die (bei Endoblastoderma selten beobachtete) Sporenbildung, besonders aber durch einen neben der Sprossung constant vorkommenden eigenartigen Fortpflanzungsprocess durch endogene Zellentstehung.

Viel umstritten ist die Stellung des Soorpilzes. Aus dem Zungenbelag bei Soor lässt sich ein Pilz isoliren, der zahlreiche Sprosszellen und Sprossverbände, daneben aber fadenförmige Zellen und mycelartig gegliederte und verästelte Fäden zeigt; die Sprosszellen sitzen vereinzelt oder in Gruppen (Rosetten) den Fäden auf. Der Pilz wurde früher den Oïdiumarten zugerechnet und Oïdium albicans genannt. Nach PLAUT soll der Soorpilz mit Monilia candida identisch sein; Culturen der letzteren, auf die Kropfschleimhaut von Tauben verimpft, sollen Soor hervorrufen. ROUX und LINOSSIER fanden, dass der Soorpilz sich wie ein Schimmelpilz verhält, der für gewöhnlich Hefesprossungen bildet, in zuckerarmen Nährlösungen aber auch Mycel liefert. Nach den neuesten Untersuchungen von FISCHER und BREBECK findet sich dagegen im Soorbelag ein die Bierwürze-Gelatine verflüssigender Pilz (seltener eine nicht verflüssigende Varietät), der durch sein ganzes morphologisches und biologisches Verhalten, namentlich durch die Bildung endogener Sporen, sowie durch die Vergährung von Glykosen zur Gattung Saccharomyces gehört. Culturen auf die Hornhaut von Kaninchen verimpft, bewirkten ausgebreitete Trübung der Cornea durch Pilzwucherung.

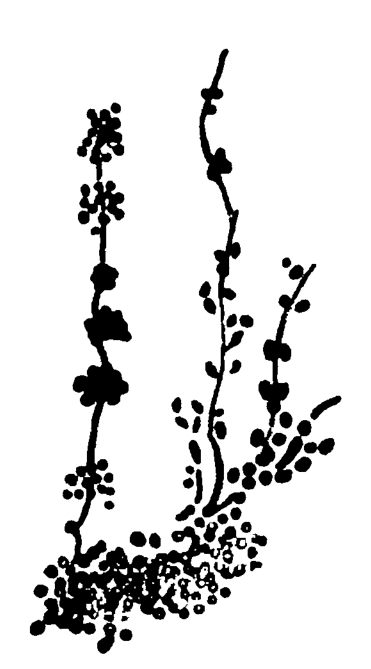


Fig. 7. Soorkultur. 250:1.

Neuerdings sind in Carcinomen und Sarkomen Zelleneinschlüsse beobachtet, die das Aussehen von Blastomyceten haben. Auch sind aus Geschwülsten und aus zufälligen sayrophytischen Ansiedlungen Blastomyceten (Sacch. neoformans) isolirt, welche bei Versuchsthieren Neubildungen (jedoch wie es scheint nur Granulationsgeschwülste) veranlasst haben sollen (BUSSE, SANFELICE, LEOPOLD). Bestätigungen dieser Befunde unter Vermeidung aller der offenbar zahlreich vorhandenen Fehlerquellen stehen noch aus.

Literatur: PASTEUR, Études sur la bière, Paris 1876. — HANSEN, Meddelelser fra Carlsberg Laboriet, Kjöbenhavn 1878 u. folg. Jahre (mit französischem Résumé). — JÖRGENSEN, Die Mikroorganismen der Gährungsindustrie, Berlin 1886. — FISCHER und BREBECK, Zur Morphologie u. s. w. der Kahmpilze, der Monilia candida Hansen und des Soorerregers, Jena 1894. — BUSSE, Die Hefen als Krankheitserreger, Berlin 1897. — SANFELICE, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 21, 22, 29. — LEOPOLD, Arch. f. Gynäkol. Bd. 71.

III. Schizomycetes, Spaltpilze, Bakterien.

a) Morphologisches Verhalten.

Kleinste chlorophyllfreie Zellen. Bei einigen Arten lässt sich eine zarte Rindenschicht und ein Centralkörper unterscheiden, erstere besteht aus einer Plasmamodification, letzterer aus Kernsubstanz; meist

umschliesst eine dünne Zellmembran einen Protoplasmaschlauch mit centraler Flüssigkeit. In concentrirten Salzlösungen tritt Wasserentziehung, Schrumpfung des Protoplasmaschlauchs und dadurch Ablösung von der Zellwand ein (Plasmolyse). Sie vermehren sich durch Quertheilung, indem die Zelle sich streckt und dann in zwei stelbstständige Individuen theilt. Bei manchen Arten verläuft zwischen der Beendigung der ersten Theilung und dem Anfang der Theilung der neu entstandenen Individuen nur eine Zeit von 20 bis 30 Minuten. Bei anderen Bakterienarten dauert diese Frist mehrere Stunden. Rechnet man 1 Stunde als Durschnittswerth, so entstehen aus jedem Spaltpilzindividuum innerhalb 24 Stunden 16 Millionen Individuen; bei 20 Minuten Theilungsdauer liefert 1 Individuum in 24 Stunden 4700 Trillionen, deren trockene Masse ca. 150000 Kilo wiegen würde. Einer so gewaltigen Vermehrung wirken indess stets die unten zu besprechenden hemmenden Einflüsse entgegen.

Die Spaltpilze begegnen uns in verschiedenen Formen, welche grossentheils erst durch gefärbte mikroskopische Präparate deutlich erkennbar werden.

Die basischen Anilinfarben werden von Bakterien (und Zellkernen) besonders leicht aufgenommen und zurückgehalten, und es gelingt daher mit Hülfe dieser Farben eine isolirte Bakterien- (und Kern-)färbung; bei vielen Bakterien lassen sich sogar Färbemethoden anwenden, durch welche ausschliesslich die Bakterien stark gefärbt bleiben. Derartige Präparate können dann mit hellstem Licht (Abbé's Condensor) untersucht werden, so dass die Körperform der Bakterien viel deutlicher hervortritt als im ungefärbten Präparat. (Näheres s. im Anhang).

Die beobachteten Formen sind im Wesentlichen folgende:

a) Kugelige oder ovale Zellen, welche bei der Theilung stets wieder Kugeln ergeben. Diese Wuchsform bezeichnen wir als Micrococcus oder Coccus. Die Kugeln bleiben nach der Theilung entweder zu zweien aneinander haften = Diplococcus; oder sie erscheinen, in Folge Kreuzung der Wachsthumsrichtung, zu vieren tafelförmig nebeneinander gelagert = Merista; oder sie bilden Würfel von je acht Individuen = Sarcina; oder die Kugeln halten stets die gleiche Wachsthumsrichtung ein und haften in Kettenform aneinander = Streptococcus; oder endlich sie bilden regellose Haufen = Staphylococcus. Sind sie durch zähe Schleimmasse untereinander verbunden, so bezeichnet man die Haufen als Zoogloea.

Fig. 8. Micrococcus. *A* Einzelne Kokken. *B* Diplococcus. *C* Merista. *D* Sarcina. *E* Streptococcus. *F* Staphylococcus. *G* Zoogloea.

b) Stäbchen, bei welchen der Längsdurchmesser den Querdurchmesser erheblich übertrifft = Bacillus. Die Theilung der Stäbchen

erfolgt mit seltensten Ausnahmen stets im Querdurchmesser. Oft bleiben sie nach der Theilung aneinander haften und bilden dann Fäden (Scheinfäden) = Leptothrix. Diese Fäden zeigen zum Unterschied von den Schimmelpilzfäden mit wenigen Ausnahmen keine echten Verzweigungen, sondern höchstens Pseudo-Verzweigungen durch Aneinanderlagerung zweier Fäden. — Zuweilen zeigen die Bacillen eine Anschwellung

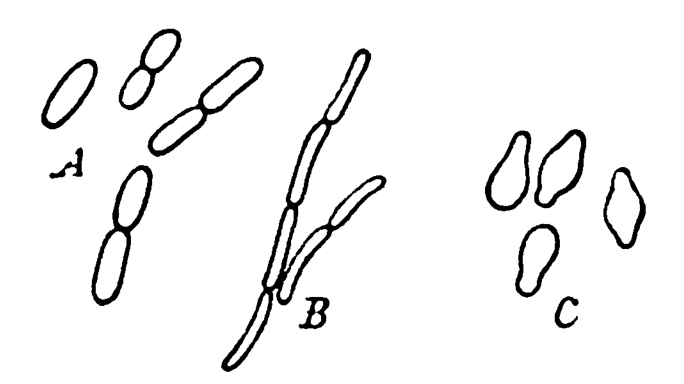


Fig. 9. Bacillus.
A Einzeln und in Theilung. B Schleimfäden mit Pseudo-Verzweigung. C Clostridium.

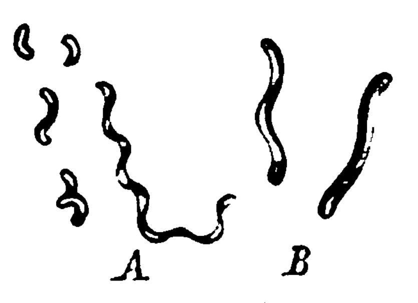


Fig. 10.
A Spirillum. B Vibrio.

in der Mitte oder an der Spitze, so dass sie Spindelform oder Kaulquappenform annehmen; diese Wuchsform bezeichnet man als Clostridium.

c) Schraubenförmig gewundene Fäden oder als Bruchstücke solcher Schrauben = Spirillum, Spirochaete. Bei flach gewundener Schraube = Vibrio.

d) Kugelige oder ovale meist stark lichtbrechende Zellen, welche nicht durch Theilung aus gleichbeschaffenen Kugeln hervorgegangen sind resp. solche produciren, sondern im Inneren der meist anders geformten Bakterienzelle entstehen und demnächst zu einer der Mutterzelle gleichen Zelle auswachsen können = Sporen. Sie sind im Ganzen resistenter als die übrigen Wuchsformen der Bakterien und dienen vorzugsweise der Erhaltung der Art.

e) Längliche, kugelige, oft unregelmässig begrenzte und sich lückenhaft färbende Zellformen verschiedenster Art ohne bestimmten Typus, die durch Schrumpfung oder Schwellung aus normalen Zellen hervorgehen und sich unfähig erweisen zu irgend einer Art der Vermehrung = Involutions- und Degenerationsformen.

Die gleiche Spaltpilzspecies kann sich oft in verschiedener Wuchsform präsentiren. Allerdings kennen wir Spaltpilzarten, welche nur in Kokkenform vorkommen, oder höchstens noch Involutionsformen bilden. Andere Arten jedoch kommen für gewöhnlich als Bacillen vor, können aber ausserdem in Form von langen Fäden auftreten oder in Form von kugeligen Sporen oder als verschieden gestaltete Involutionsformen. Alle diese Wuchsformen gehören dann zum Entwickelungskreis der betreffenden Art.

Innerhalb der gleichen Wuchsform finden sich vielfach kleine, jedoch deutliche Differenzen, sog. Speciescharaktere, welche bei allen Individuen derselben Species nahezu konstant hervortreten. So zeigt die eine Art stets grosse, die andere kleine, diese runde, jene ovale oder lancettförmige Kokken; ebenso giebt es schlanke und dicke Bacillen, solche mit abgerundeten und solche mit abgestutzten Enden u. s. w. (Fig. 11). Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Artcharakteren, welche in diagnostischer Beziehung äusserst werthvoll sind.

Endlich kommen auch bei derselben Species gewisse individuelle Schwankungen der Form vor, namentlich in Folge von Alters- und Ernährungsdifferenzen. Bacillen derselben Species sind im Jugendzustand kürzer, bei schlechten Nährverhältnissen oft auch dünner. Jedoch sind alle derartigen Schwankungen im Ganzen gering, so dass trotz derselben jene morphologischen Artcharaktere meist bestehen bleiben.



Fig. 11.
Bacillus- und Spirillum-Wuchsform verschiedener Species.

Vielfach zeigen die Bakterien nach der Färbung um die Zellsubstanz noch eine Art Hülle oder Kapsel, welche ungefärbt oder nur schwach gefärbt bleibt.

Viele Bacillen und Spirillen sind schwärmfähig, d. h. wir können unter dem Mikroskop beobachten, dass sie lebhafte Eigenbewegungen ausführen. Unter ungünstigen biologischen Bedingungen hören die Bewegungen zeitweise auf. Mikrokokken sind nur ausnahmsweise schwärmfähig, sondern zeigen gewöhnlich nur zitternde Molecularbewegung. Als Ursache der Bewegungen sind bei vielen Bakterien Geisseln erkannt, die durch besondere Färbemethoden nachweisbar werden. Entweder befindet sich an einem oder an jedem Ende ein ganzes Büschel von Geisseln; oder nur eine einfache oft sehr lange Geissel; oder die Bakterien sind an ihrer ganzen Peripherie mit feinen Wimpern besetzt.

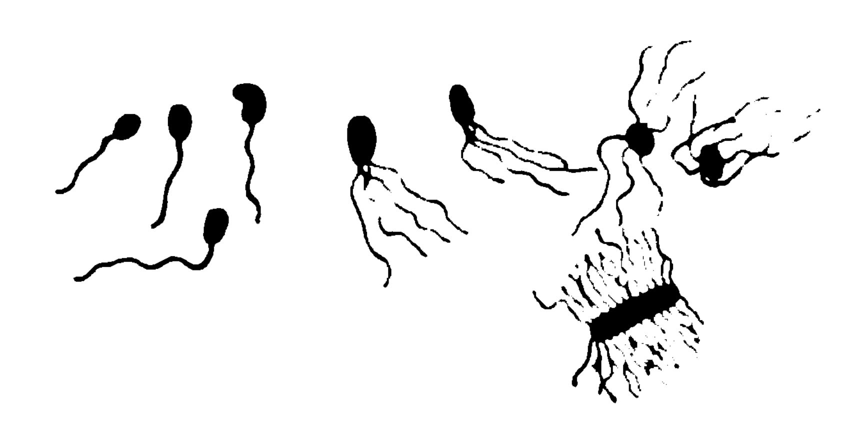


Fig. 12.
Geisseltragende Bakterien. 1000 : 1.

Von Pfeffer ist nachgewiesen, dass die beweglichen Bakterien durch gewisse chemische Stoffe angelockt werden (Chemotaxis). Füllt man sehr feine an einem Ende zugeschmolzene Glaskapillaren mit Lösungen (z. B. von Chlor-

kalium oder mit Kartoffelsaft) uud legt dieselben in einen Tropfen Wasser mit den betreffenden Bakterien, so wandern verschiedene Bakterienarten sehr lebhaft in die Kapillare hinein. Dabei lässt sich die Mitwirkung von physikalischen Momenten, Diffusionsströmen u. dgl. vollkommen ausschliessen; vielmehr ist nur der anlockende Reiz des Chemismus der Lösungen entscheidend (positive Chemotaxis). Von anderen Lösungen werden dieselben Bakterien abgestossen (negative Chemotaxis); manche chemische Substanzen äussern gar keinen richtenden Einfluss.

Von besonderer Bedeutung ist die Sporenbildung der Bakterien. Echte endospore Fructification findet man bei vielen Bacillen und bei einigen Spirillen. Bei Mikrokokken, aber auch bei vielen Bacillen ist sie noch nicht beobachtet. Die Bildungsweise der endogenen Sporen ist verschieden je nach der Species; entweder wachsen die Bacillen zu Fäden aus, in den Fäden entstehen lichtbrechende Körnchen, welche schliesslich in perlschnürartig angeordnete, runde oder ovale Sporen übergehen (so z. B. bei den Milzbrand-Bacillen). Oder die einzelnen Bacillen schwellen vor der Sporenbildung zu Spindelform auf und in dem entstandenen Clostridium bildet sich die runde oder ovale stark lichtbrechende Spore (Buttersäure-Bacillen). Oder aber es bildet sich ohne erhebliche morphologische Aenderung des Bacillus im Verlauf desselben oder an einem Ende eine als Spore aufzufassende kugelige Anschwellung. — Die meisten Sporen zeigen eine relativ dicke Membran. Oft sind sie grünlich glänzend und stark lichtbrechend. Farbstoffe dringen schwer ein, haften dann aber um so hartnäckiger.

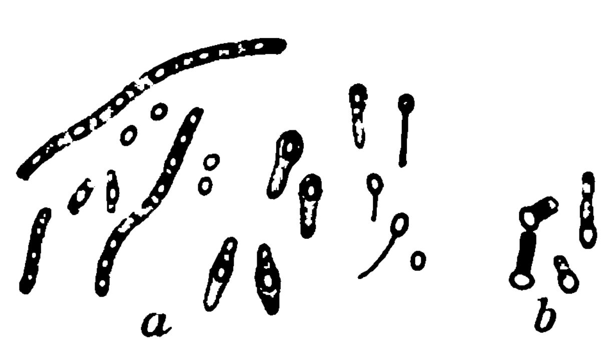


Fig. 13.
Sporenbildung (a) und Sporenkeimung (b).

Charakteristisch für jede Spore ist, dass aus derselben ein dem mütterlichen gleicher Organismus hervorgehen kann. Das „Auskeimen" erfolgt bei den ovalen Sporen entweder in der Längs- oder in der Querrichtung oft unter tanzender Bewegung. — Eine fernere Eigenthümlichkeit aller endogen gebildeten Sporen ist es, dass sie die Erhaltung der Art resp. Varietät unterstützen, indem sie gegen die in der Natur den Mikroorganismen hauptsächlich drohenden Gefahren resistenter sind als die Bacillen- oder Spirillenform. Allerdings zeigt auch hier wieder jede Art ein besonderes Verhalten. Die Sporen mancher Bacillenarten können jahrelang in völlig trockenem Zustande oder auch z. B. unter absolutem Alkohol aufbewahrt werden, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüssen, während bei den Sporen anderer Arten die Widerstandsfähigkeit bei weitem nicht so stark ausgesprochen ist.

Die Eigenschaft, Sporen zu bilden, kommt nach neueren Untersuchungen derselben Art nicht immer zu. Durch gewisse schädigende Momente (Züchtung

in karbolsäurehaltiger Bouillon) kann z. B. den Milzbrandbacillen die Fähigkeit Sporen zu bilden, dauernd genommen werden, während sie im übrigen ihre morphologischen und biologischen Merkmale beibehalten (asporogene Rassen).

Neben der endosporen hat man noch eine arthrospore Fruktifikation unterschieden. Arthrosporen entstehen dadurch, dass einzelne Glieder einer Kette, oder eines Haufens oder eines Fadens von Bakterien sich lebensfähiger zeigen als die übrigen Theile, so dass sie nach dem Absterben der letzteren zum Ausgangspunkt neuer Zellen und Zellverbände werden können. Zuweilen scheinen diese Reste durch Grösse und Lichtglanz sich auszuzeichnen, im Ganzen fehlt es jedoch an typischen Merkmalen für dieselben, und ebenso scheint die höhere Widerstandsfähigkeit dieser Sporen nur in ganz geringem Grade vorhanden zu sein.



Fig. 14.
Involutionsformen.

Involutionsformen sehen wir unter den verschiedensten schädigenden Einflüssen, namentlich bei Erschöpfung des Nährbodens, bei Eintritt abnormer Reaction, bei abnormer Temperatur u. s. w., meist in nicht typischer Weise sich bilden, bei einigen Arten treten aber unter bestimmten Bedingungen so rasch und in so charakteristischer Weise Involutionsformen auf, dass wir dieselben zur diagnostischen Erkennung verwerthen können (Pest, Diphtherie).

b) Lebensbedingungen der Spaltpilze.

Die Zellsubstanz der Spaltpilze besteht zu ca. 80 % aus Wasser; die Trockensubstanz hauptsächlich aus Eiweissstoffen (ca. 80 %), Fett und Salzen. Nach Cramer ist die chemische Zusammensetzung der Bakterien nicht konstant, sondern ändert sich je nach den Züchtungsbedingungen und dem Gehalt des Nährbodens an Wasser, Aschenbestandtheilen, stickstoffhaltiger Substanz etc. in entsprechendem Sinne; hierdurch werden die Bakterien zu einer weitgehenden Anpassung an die verschiedenartigsten Existenzbedingungen befähigt. — Sie bedürfen im Allgemeinen für ihren Stoffwechsel ausser anorganischen Nährstoffen stickstoffhaltiger und nebenbei auch stickstofffreier Substanzen. Die beste stickstoffhaltige Nahrung liefern ihnen lösliches Eiweiss, Pepton und Leim, die beste stickstofffreie Nahrung Zucker und Glycerin; doch können Stickstoff- und Kohlenstoffbedarf eventuell auch durch viel einfachere Verbindungen Deckung finden, z. B. durch Asparagin, milchsaures Ammon, Leucin, Tyrosin u. a. m. Der zum Aufbau des Bakterienleibes erforderliche Schwefel wird ebenso aus organischen Schwefelverbindungen entnommen.

Vor allem beachtenswert ist, dass der Nährstoffbedarf je nach der Species ausserordentlichen Schwankungen unterliegt. Manche Arten vermögen mit den minimalsten Spuren organischer Substanz, welche sich

in reinem destillirten Wasser finden, noch üppigste Vermehrung zu leisten. Andere Arten verschmähen alle Nährsubstrate mit Ausnahme von Blutserum oder Mischungen von Fleischsaft und Blutserum; wieder andere gedeihen und proliferiren nur im lebenden Körper des Warmblüters.

Als Beispiel einfachster Ernährungsverhältnisse seien die Nitrobakterien WINOGRADSKY's angeführt, welche ihren Kohlenstoffbedarf einzig und allein aus der atmosphärischen CO_2 decken, sowie die sog. stickstofffixirenden Mikroben in den Wurzelknöllchen der Leguminosen, welche befähigt sind, den freien Stickstoff aus der Luft zu assimiliren und so den Gehalt des Ackerbodens an nutzbarem Stickstoff anzureichern.

Im Allgemeinen sind ferner die Spaltpilze sehr empfindlich gegen saure Reaktion des Nährmediums, weniger gegen einen Alkali-Ueberschuss. Jedoch kommen auch in dieser Beziehung zahlreiche Ausnahmen vor, indem manche Arten gerade gegen Alkali empfindlich sind oder bei sauerer Reaktion am besten wachsen.

Ebenso verschieden ist das Verhalten der einzelnen Arten gegenüber dem Sauerstoff. Eine Gruppe von Arten, die sog. obligaten Aëroben, verlangen zu ihrem Fortkommen unter allen Umständen freien Sauerstoff. Ihnen stehen diametral gegenüber die obligaten Anaëroben, eigenthümliche Spaltpilze, die nur wachsen und sich vermehren, wenn aller freier Sauerstoff möglichst vollständig aus dem Nährsubstrat entfernt ist. Einige dieser Anaëroben vermögen Gährung zu erregen, und — nach Analogie der Hefe — bei Anwesenheit gährfähiger Stoffe das Fehlen des Sauerstoffes leichter zu ertragen. Viele aber führen ihre anaërobiotische Existenz ohne einen Ersatz durch Gährung, und scheinen also die nothwendigen Energiemengen durch Zerlegung geeigneter Nährstoffe (Glycose) liefern zu können. — Sehr zahlreiche Bakterien sind endlich facultative Anaëroben, d. h. sie gedeihen am besten bei Sauerstoffzutritt, können aber auch ohne Sauerstoff besonders dann leben, wenn sie gleichzeitig Gährung erregen.

Schwankungen des Luftdrucks sind für alle Spaltpilze so gut wie indifferent. — Durch Belichtung tritt dagegen eine sehr erhebliche Schädigung der Mikroorganismen ein (s. unten); und sogar gute Nährsubstrate können durch Stehen im Sonnenlicht ungeeignet zur Kultur werden (Wasserstoffsuperoxyd-Bildung).

Von sehr grosser Bedeutung für das Leben aller Spaltpilze ist die Temperatur; auch hier aber zeigen die einzelnen Arten wieder einen ausserordentlich verschiedenen Bedarf. Der erste Anfang des Wachsthums und der Vermehrung liegt für einige Arten bereits bei 0°, für andere erst zwischen 30 und 40°, für einige sogar zwischen 40 und 50°. Die obere Wachsthumsgrenze finden wir für die meisten

Arten bei etwa 40°, für einige bei 50°; ja es sind sogar Arten beobachtet, welche bei 70° und mehr noch Wachsthum zeigen.

Aus der Kenntniss der Lebensbedingungen der Spaltpilze lässt sich ohne Weiteres die Art und Weise ableiten, in welcher die Spaltpilze am besten künstlich zu züchten sind.

Als Nährlösung benutzt man Fleischinfus, Heuinfus, Milch, Harn, Blutserum u. dgl. Alle saueren Substrate werden durch Sodazusatz schwach alkalisch gemacht. Da aber diese Nährsubstrate, sowie die Flaschen und Gläser, in welchen sie aufbewahrt werden sollen, von vornherein zahlreichste Bakterien enthalten, welche als störende Verunreinigungen sich bemerklich machen und die Kennzeichen der beabsichtigten Culturen nicht rein zum Vorschein kommen lassen würden, ist es erforderlich, sämmtliche Gefässe und Nährsubstrate vor dem Gebrauch zu sterilisiren, d. h. von anhaftenden lebenden Bakterien zu befreien. Das Sterilisiren der Gefässe geschieht durch ein- bis zweistündiges Erhitzen im Trockenschrank auf 160°, das Sterilisiren der in die Gefässe eingefüllten Nährsubstrate durch Kochen im PAPIN'schen Topf oder in strömendem Wasserdampf.

Alle flüssigen Nährsubstrate bieten nun aber grosse Schwierigkeiten, sobald man die Cultur einzelner bestimmter Arten beabsichtigt. Sie können sehr wohl gebraucht werden, wenn die einzelne Art bereits in reinem isolirten Zustande vorliegt. Das ist aber nur ganz ausnahmsweise der Fall, für gewöhnlich muss man bei der Anlage von Culturen von einem Gemenge mehrerer resp. vieler Spaltpilzarten ausgehen; z. B. findet man in der Leiche eines an einer Infektionskrankheit Gestorbenen zur Zeit der Sektion neben den Infektionserregern, welche man zu cultiviren wünscht, auch noch zahlreiche Fäulnissbakterien. Eben solche Gemenge findet man im Inhalt des Choleradarms, in verdächtigem Trinkwasser u. s. w. Bringt man ein derartiges Gemenge in eine Nährlösung, so wachsen alle die verschiedenen Bakterien durcheinander, und die Merkmale der einzelnen Art werden durch die übrigen Bakterien völlig verwischt.

Um in Flüssigkeiten eine Isolirung der einzelnen Art zu ermöglichen, hat man früher das Verfahren der fraktionirten Cultur empfohlen, welches darin besteht, dass man in bestimmten Zwischenräumen (24—48 Stunden) jedesmal eine kleine Menge der Cultur in ein neues Culturglas überträgt; wiederholt man diese Uebertragungen sehr häufig, so erhält man schliesslich allerdings eine reinere Cultur; aber meistens besteht diese vorzugsweise aus denjenigen Spaltpilzarten, welche sich unter den gewährten Bedingungen am schnellsten vermehren; und das sind gewöhnlich nicht etwa die uns interessirenden pathogenen Bakterien, sondern die Fäulnisspilze. Nur unter Anwendung bestimmter, einer pathogenen Bakterienart besonders adäquater Nährsubstrate und Culturbedingungen gelingt es neuerdings auch manche Krankheitserreger zur Ueberwucherung der begleitenden Bakterien zu veranlassen.

Auch mit dem sogenannten Verdünnungsverfahren hat man zuweilen gute Resultate erzielt. Bedingung für die Anwendbarkeit desselben ist jedoch, dass der gesuchte Spaltpilz in dem Gemenge nicht in erheblicher Minderzahl vorhanden ist. Man verdünnt dann die zu untersuchende Flüssigkeit so stark mit keimfreiem Wasser, dass in je 1 ccm nur ungefähr ein Spaltpilz enthalten ist. Darauf bringt man in eine grössere Zahl von Gläsern mit Nährlösung je 1 ccm der Verdünnung und hat nun relativ gute Chancen, dass wenigstens in einigen Gläsern eine Reincultur des interessirenden Pilzes zu Stande kommt.

Immerhin ist dieses Verfahren sehr umständlich. Ausserdem ist es schwer, in flüssigen Nährsubstraten Culturen rein zu erhalten; bei jeder Probenahme zum Zweck der mikroskopischen Untersuchung und bei jeder Uebertragung in ein neues Culturglas kommen sehr leicht einige der überall verbreiteten saprophytischen Pilze hinein; diese wachsen in der Nährlösung meist viel lebhafter als die pathogenen Bakterien und verdrängen letztere nach einiger Zeit. Es gehört daher eine ganz besonders subtile Technik dazu, um in Nährlösungen reine Culturen herzustellen; und nur wenigen Forschern ist es geglückt, in solcher Weise an zuverlässig reinen Arten Beobachtungen über ihr morphologisches und biologisches Verhalten zu machen.

Völlig anders sind diese Verhältnisse geworden, seit Koch seine Methoden zur Cultur der Spaltpilze mitgetheilt hat. Diese Methoden sind so einfach und geben so sichere Resultate, dass seither die künstliche Cultur der Bakterien in allen medicinischen Disciplinen ausgedehnteste Anwendung finden konnte.

Koch ging von der Ueberlegung aus, dass in den flüssigen Nährsubstraten der hauptsächlich störende Umstand darin liegt, dass sich immer alle Bakterien in kürzester Zeit durch die ganze Flüssigkeit vertheilen, so dass in jedem Tropfen, den man zur Untersuchung oder zur weiteren Cultur entnimmt, nicht etwa Exemplare der einen Art, sondern Exemplare aller verschiedenen überhaupt vorhandenen Arten sich finden. Wenn es gelänge, die einzelnen Bakterien an einen bestimmten Platz zu fixiren und das Durcheinandermischen zu hindern, dann würde offenbar eine isolirte Cultur viel leichter sein.

In dieser Richtung ist nun schon viel zu erreichen dadurch, dass man irgend welche feste Nährböden benutzt, wie die Schnittfläche gekochter Kartoffelscheiben. Breitet man einen Tropfen Flüssigkeit, in welchem z. B. vier verschiedene Bakterien enthalten sein mögen, auf einer solchen Kartoffel aus, so kommt wahrscheinlich jede Bakterie an einen besonderen Platz zu liegen und wächst dort zu einer Colonie aus. Man bekommt also auf der Kartoffel vier räumlich getrennte Colonieen, deren jede eine Reincultur repräsentirt. Diesen Charakter werden dieselben auch dann bewahren, wenn etwa ein saprophytischer Keim auf die Kartoffel gerathen sollte; ein solcher wird muthmasslich wiederum einen besonderen Platz occupiren, räumlich getrennt von den anderen Colonieen und diese daher in keiner Weise beeinträchtigen.

Sind allerdings zahlreiche und mannigfaltigere Bakterien vorhanden, dann wird die Vertheilung auf dem festen Substrat nicht immer gleichmässig gelingen; es wird leicht vorkommen, dass auf dieselbe Stelle mehrere Bakterien gerathen, während andere Stellen relativ frei bleiben. Besser wäre es, wenn man flüssiges und festes Substrat combiniren und das flüssige plötzlich in ein festes verwandeln könnte; dann würde in der Flüssigkeit sehr leicht eine völlig gleichmässige Vertheilung der Keime gelingen und bei dem plötzlichen Erstarren würde eine räumliche Trennung der einzelnen Exemplare, selbst wenn diese in grosser Zahl vorhanden sind, erreicht werden.

Ausserdem entziehen sich kleine Colonieen auf dem undurchsichtigen festen Substrat leicht der Beobachtung. In dieser Beziehung müsste es vortheilhaft sein, durchsichtige Nährböden zu verwenden, welche in dünner Schicht sogar eine Durchmusterung mit dem Mikroskop gestatten.

Beiden Forderungen können wir nun gerecht werden, wenn wir den Nährlösungen einen Zusatz von Gelatine oder Agar-Agar geben, so dass die

Mischungen bei 25 bis 30° resp. 35 bis 40° noch flüssig sind, bei rascher Abkühlung aber schnell ertarren.

Am häufigsten benutzt man Nährgelatine, d. h. ein schwach alkalisches Gemenge von Bouillon, Pepton, Kochsalz und 10 Procent Gelatine. Bringt man in ein Glas mit solcher Nährgelatine, nachdem man sie vorher auf 30° erwärmt und dadurch verflüssigt hat, ein beliebiges Gemenge von Bakterien, mischt darauf die Flüssigkeit ordentlich durch und giesst dann die Gelatine auf horizontal gelagerte Glasplatten, oder in ganz flache Glasschälchen in dünner Schicht aus, so werden die einzelnen Keime von der sofort erstarrenden Gelatine in deutlichen Zwischenräumen fixirt. Aus jedem Keim entwickelt sich durch fortgesetzte Vermehrung an der bestimmten Stelle eine aus vielen Millionen gleichartiger Keime bestehende Colonie, welche gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen makroskopisch sichtbar wird; und wenn man eine solche Colonie weiter studirt, und namentlich auch mikroskopische Präparate davon anfertigt, so zeigt sich, dass sie nur Individuen derselben Art enthält, d. h. dass sie eine Reincultur einer Spaltpilzart darstellt.

Die auf solchen „Platten" gewachsenen Colonieen lassen sich auch gut mit schwacher (40—80facher) Vergrösserung beobachten und zeigen dann mancherlei makroskopisch nicht wahrnehmbare Eigenthümlichkeiten, welche mit Vortheil zur diagnostischen Unterscheidung der Arten benutzt werden können. — Ferner lässt sich die Zahl der auf einer Platte vorhandenen Colonieen leicht ermitteln; und da jede Colonie aus einem Spaltpilzindividuum hervorgegangen ist, so gelangen wir auf diese Weise zu bestimmten Vorstellungen über die Zahl der Bakterien, welche in dem untersuchten Probeobjekt vorhanden waren.

Auch auf den Platten dürfen selbstverständlich nicht zu viel Colonieen vorhanden sein, da dieselben sonst zu dicht gelagert sein und in einander wachsen würden. Kennt man daher die Zahl der im Probematerial enthaltenen Bakterien nicht, so werden stets mehrere Platten mit verschiedenen Verdünnungsstufen angelegt. (Genaueres s. im Anhang.)

Mit Hülfe der geschilderten Methode ist in den meisten Fällen eine Isolirung und Reincultur der interessirenden Bakterien zu erreichen. Jedoch giebt es manche Fälle, wo die Methode versagt. Einige Bakterien erfordern für ihre Cultur durchaus höhere Temperatur; die Gelatineplatten darf man aber höchstens bei 22—24° halten, da bei einer Temperatur, die 25° überschreitet, die Gelatine flüssig werden und also der Vortheil des festen Nährbodens verloren gehen würde. In solchen Fällen verwendet man Agargemische, welche noch bei 38° starr bleiben. — Andere Bakterien verlangen aber durchaus auch noch andere Nährsubstrate; sie wachsen z. B. auf Bouillongemischen gar nicht, dagegen in Blutserum. Wieder andere Bakterien erfordern eine Entfernung des Sauerstoffs, die z. B. durch Aufgiessen einer hohen Schicht Gelatine oder Agar, oder besser durch Verdrängen der Luft mittelst Wasserstoffgases und Zuschmelzen der Culturgefässe, ferner auch durch Zusatz gewisser reducirender Körper, wie Dextrose, Brenzcatechin, ameisensaures Natrium, Schwefelnatrium, indigschwefelsaures Natrium u. a. m., erreicht wird. Manche Bakterien endlich, welche wir mikroskopisch beobachten können, sind bisher durch keine Modifikation der Methode in künstlicher Cultur zu erhalten.

Eine vielfache Variirung der Züchtungsmethoden ist schon deshalb empfehlenswerth, weil erst dabei die sämmtlichen einer Spaltpilzart zukommenden

biologischen Eigenthümlichkeiten in ihrem vollen Umfang erkannt werden können. Auch die Züchtung in flüssigen Nährsubstraten darf, nachdem erst eine Isolirung erfolgt ist, nicht versäumt werden; namentlich ist die sogenannte Cultur im hängenden Tropfen wichtig, um das morphologische Verhalten und den Formenkreis der betreffenden Art kennen zu lernen (s. Anhang).

c) Lebensäusserungen der Spaltpilze.

Allen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, gewisse Nährstoffe des Substrats zu assimiliren und diese theils für ihr Wachsthum und ihre Vermehrung zu verwenden, theils aber zu zerlegen, in Oxydationsprodukte überzuführen, und so die für ihre Leistungen erforderlichen Energiemengen zu gewinnen. Ein wie grosser Theil der assimilirten Nährstoffe für das Wachsthum verwandt wird, darüber ist noch wenig bekannt. Wahrscheinlich ist dieser Antheil bei den verschiedenen Spaltpilzarten sehr wechselnd; manche Bakterien vermögen aber jedenfalls ausserordentlich schnell einen Theil der Nährstoffe in Körpersubstanz überzuführen und dadurch ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Colonieen zu bilden.

Unter den Stoffwechselprodukten der Spaltpilze haben viele für uns ein besonderes Interesse.

Kohlensäure ist wichtig als allgemeinstes Stoffwechselprodukt und als echtes, mit seltenen Ausnahmen (s. S. 38) nicht wieder assimilirbares Excret. Bei starker Anhäufung vermag sie auf viele Bakterienenarten einen schädigenden, die weitere Vermehrung hemmenden Einfluss auszuüben.

Oft wird durch wuchernde Bakteriencolonieen die Reaction des Nährsubstrats verändert; durch manche Arten, bei Gegenwart von Zucker wohl durch alle Arten, wird freie Säure, z. B. Milchsäure, Essigsäure u. s. w., producirt, während andere die Alkalescenz erheblich erhöhen. Besondere Wichtigkeit erlangen diese Stoffwechselprodukte dadurch, dass sie in viel höherem Grade als die Kohlensäure bakterienfeindliche Eigenschaften entfalten. 0·11 bis 0·3 Procent der genannten Säuren und 0·5 bis 1·0 Procent Ammoniumcarbonat reichen hin, um viele Bakterienarten in ihrem Wachsthum und ihrer Vermehrung zu hemmen; etwas stärkere Concentrationen tödten sogar manche Arten ab. Im Kampf verschiedener Bakterien um ein Nährsubstrat sind diese Stoffwechselprodukte daher oft von ausschlaggebender Bedeutung. Steigt die producirte Säure- oder Alkalimenge noch weiter an, so kann schliesslich eine Wachsthumshemmung auch für die producirende Art selbst zu Stande kommen; so wird z. B. die weitere Vermehrung der Milchsäurebacillen und der Fortgang der Milchsäuregährung durch die

angesammelte Säure sistirt, ähnlich wie die Hefegährung durch einen gewissen Alkoholgehalt. — Bei manchen Bakterien sind auch Reduktionsprocesse beobachtet; hierher gehört z. B. die Bildung von Schwefelwasserstoff, von Merkaptan, von Leukoprodukten aus Methylenblau und Indigo, die Denitrifikation (Reaktion der Nitrate und Nitrite) u. s. w.

Bei vielen Arten beobachten wir ferner lebhafte rothe, blaue, gelbe und grüne Pigmente, welche die Masse der Colonie und oft noch einen grösseren Bezirk des Nährsubstrats färben. Dadurch wird das Aussehen der Colonie sehr charakteristisch, und oft ist daher die Farbstoffproduktion für diagnostische Zwecke verwerthbar. — Die meisten Pigmentbakterien scheinen nur eine chromogene Substanz zu bilden, welche erst bei Sauerstoffzutritt in den Farbstoff übergeht.

Zahlreiche Bakterien liefern ausserdem Fermente, d. h. lösliche organische Körper, welche namentlich die Eigenschaft haben, gewisse complicirte unlösliche Verbindungen, z. B. Eiweiss, Stärke u. s. w., in leicht lösliche Substanzen überzuführen. Offenbar dienen diese Fermente den Bakterien zu einer Erweiterung ihres Nahrungsbereichs und sie spielen damit dieselbe Rolle, wie im höheren Organismus das Ptyalin, Pepsin u. s. w. Bei vielen Bakterien finden wir diastatisches, bei einigen invertirendes, bei sehr vielen peptonisirendes Ferment; manche Arten liefern auch Labferment. Die peptonisirenden Bakterien verflüssigen die Nährgelatine und liefern damit ein wiederum für diagnostische Zwecke verwerthbares Merkmal.

Zahlreiche Spaltpilze bewirken eine quantitativ bedeutend gesteigerte Zersetzung gewisser Nährstoffe, oft unter Produktion reichlicher Mengen von Gas, d. h. sie versetzen ein bestimmtes gährfähiges Substrat in Gährung.

Auf diese Weise kann gebildet werden:

α) aus Zucker = Milchsäure; die Erregung dieser Gährung sind der B. acidi lactici, der Rechtsmilchsäure liefert, der B. acidi paralactici, der B. acidi laevolactici und der Micr. ac. paralactici, die überall verbreitet sind und für gewöhnlich die saure Milchgährung veranlassen. Ausserdem vermögen aber auch zahlreiche andere Bacillen und Mikrokokken die gleiche Gährung zu leisten, wenn auch in quantitativ geringerem Grade.

β) aus Stärke und Zucker = Buttersäure und Nebenprodukte. Als Erreger sind bis jetzt mehrere anaërobe und aërobe Bacillen bekannt.

γ) Einige weniger häufige Gährungen sind die sogenannte schleimige Gährung, die Dextrangährung des Zuckers, die Sumpfgasgährung der Cellulose. Ferner Vergährungen der Fettsäuren und verschiedene eigenthümliche Vergährungen des Glycerins, bei welchen namentlich Aethylalkohol entsteht.

δ) aus Alkohol = Essigsäure. Die Erreger sind zwei oder mehr Bacillenarten, ausserdem ist reichlichster Sauerstoffzutritt für den regen Ablauf dieser

Gährung erforderlich. — Eine Oxydationsgährung ist auch die Nitrifikation im Boden durch die Nitrobakterien.

ε) Die Vergährung eiweissartiger Stoffe = Fäulniss. Es lassen sich verschiedene Stufen der Zersetzung unterscheiden; zunächst erfolgt Peptonisirung, dann tiefere Spaltung des Moleküls; es entstehen theils Ammoniakderivate, theils Benzolderivate, theils Fettsäuren. Immer bilden sich diese oder jene stinkenden Gase, z. B. Schwefelammonium, Indol, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Trimethylamin u. a. m. Die Zerlegung des Eiweissmoleküls im Sinne der Fäulniss vermögen zahlreiche Bakterienarten zu leisten, nur erfolgt durch die einen eine tiefere Zerstörung mit charakteristischen Endprodukten, als durch die anderen. Bei der spontan verlaufenden Fäulniss, welche uns vorzugsweise interessirt, finden wir stets eine Menge verschiedener Bakterienarten an dem Zerstörungswerk, theils gleichzeitig, theils in einer gewissen Aufeinanderfolge betheiligt. Im Anfange pflegen namentlich Aëroben in den Vordergrund zu treten; in späteren Phasen und tieferen Schichten des Substrats Anaëroben. Ist das Substrat der Art, dass während des ganzen Fäulnissprocesses reichlich Sauerstoff zutreten kann, wie z. B. im porösen, für Luft durchgängigen Boden, dann erfolgt Verwesung, d. h. die eigentlichen Fäulnissprodukte und namentlich die stinkenden Gase werden sehr rasch oxydirt zu Wasser, Kohlensäure, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Bemerkenswerth ist, dass einige Gährungserreger durch Einwirkung schädigender Momente ihr Vermögen, Gährung zu erregen, auf kürzere oder längere Zeit einbüssen.

Eine weitere äusserst interessante Gruppe von Stoffwechselprodukten der Bakterien bilden die **Toxine**. Dahin gehören:

1. Die Amine, Diamine und Ammoniumbasen (Cholin). Diese Verbindungen werden von zahlreichen Bakterien geliefert, namentlich im Anfangsstadium der Fäulniss; sie sind theils ungiftig (Ptomaïne, Leichenalkaloide), theils giftig (besonders Aethylendiamin). Letztere können durch zersetzte Nahrung eingeführt werden und Fleisch-, Wurst-Käsevergiftung hervorrufen (s. unter „Fleisch“)

2. Die Bakterienproteïne, sind in den Leibern der Bakterien enthalten, werden erst beim Absterben derselben theilweise löslich in den Körpersäften bezw. durch mehrstündiges Kochen mit dünner Kalilauge extrahirt. Sie haben positiv chemotaktische Wirkung gegenüber den Leukocyten und können daher zu Eiteransammlung führen (phlogogene Wirkung). Ausserdem wirken sie fiebererregend (pyrotoxisch); und bei intraperitonealer Einverleibung grösserer Mengen können sie den Tod der Versuchsthiere durch Lähmung der Cirkulations- und Athmungscentren herbeiführen. — Die zur Wirkung gelangende Quantität der Proteïne ist je nach der Bakterienspecies sehr verschieden; ebenso ist auch die Art der Wirkung der Gifte nicht gleich. — Die Bakterienproteïne sind relativ hitzebeständig.

3. Die specifischen Toxine, früher Toxalbumine genannt. Werden schon durch Temparaturen zwischen 40 und 60° zerstört. Einige sind leicht extrahirbar z. B. durch vorsichtiges Erwärmen der Kultur unter Phenolzusatz; oder durch Filtration mittelst Chamberland-Filter (Porzellanthon-Filter); andere sind schwer von der Leibessubstanz der Bakterien zu trennen. Am vollständigsten und schonendsten scheint dies zu gelingen durch Auspressen der Bakterienzellen unter hohem Druck (Bakterioplasmine, E. und H. Buchner). Die gelösten Toxine sind fällbar durch Zinkchlorid und Ammonsulfat. Nach möglichster Reinigung resultiren Körper ohne Eiweissreaktion, so dass die frühere Annahme, es handele sich um Toxalbumine, nicht aufrecht erhalten werden kann. — Die specifischen Toxine sind der betreffenden Bakterienspecies eigenthümlich. Die meisten sind von unvergleichlich höherer Wirksamkeit, als die giftigen Aminbasen und die Bakterienproteïne: die von ihnen hervorgerufenen Vergiftungserscheinungen entsprechen der Wirkung der lebenden Bakterienart. Oft liefert dieselbe Bakterienspecies mehrere specifische Gifte, von denen die einen rasch, die anderen erst nach wochenlanger Inkubation wirken können.

Eine besonders wichtige Lebensäusserung der Spaltpilze besteht endlich in der **Krankheitserregung** im thierischen und menschlichen Körper, die zum Teil auf der Produktion der eben besprochenen Toxine, zum Theil auf massenhafter Vermehrung der eingedrungenen Spaltpilze im Blut und in den Organen des lebenden Thieres beruht. In einem der folgenden Capitel wird auf diese parasitäre Existenz speciell einzugehen sein; hier sei nur hervorgehoben, dass auch bezüglich der Befähigung zu dieser die durchgreifendsten Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten von Spaltpilzen bestehen. Wir unterscheiden exquisite Saprophyten, welche stets nur auf abgestorbenem Material wuchern und schlechterdings nicht befähigt sind, im lebenden Körper des Warmblüters sich zu vermehren oder dort irgend eine Störung hervorzurufen. Von solchen saprophytischen Arten kann man viele Millionen direkt in die Blutbahn eines Thieres injiciren, ohne dass irgend welche Reaktion seitens des Körpers auftritt. Tödtet man das Thier kurze Zeit nach der Injektion, so sind bereits alle injicirten Bakterien abgestorben.

Gegenüber diesen harmlosen Saprophyten giebt es obligate Parasiten unter den Bakterien, welche ausschliesslich im lebenden Körper sich vermehren und jedes todte Nährsubstrat verschmähen.

Drittens haben wir noch facultative Parasiten zu unterscheiden, die zwar auf todtem Material gut fortkommen, in unserer Umgebung also gelegentlich sich vermehren und leicht künstlich zu cultiviren

sind, die aber andererseits auch im lebenden Körper gedeihen und in demselben Krankheiten erregen können.

Auch die Energie der parasitären Wucherung, die sogenannte Virulenz der Bakterien, erhält sich bei derselben Art nicht konstant. Durch verschiedenste Einflüsse können vielmehr pathogene Bakterien ihre Virulenz ganz oder theilweise einbüssen.

d) Absterbebedingungen der Spaltpilze.

Die niedrigste Stufe der Schädigung von Bakterien besteht darin, dass sie in einen Zustand latenten Lebens übergeführt werden. Es tritt dann eine Hemmung des Wachsthums und der Vermehrung, oder eine Hemmung des Auskeimens der Sporen ein, welche aber zunächst nur so lange anhält, wie das schädigende Moment einwirkt. Sobald rechtzeitig Beseitigung des schädigenden Einflusses erfolgt, beginnt sogleich wieder lebhafte Vermehrung.

Eine solche **Entwickelungshemmung** kann z. B. hervorgerufen werden durch das Fehlen oder die Beschränkung irgend eines nothwendigen Nährstoffs, z. B. durch mässige Wasserentziehung (praktisch verwendet zum Conserviren vieler Nahrungsmittel). Ferner wird die Vermehrung zum Stillstand gebracht durch niedrige Temperatur, und zwar ist der in dieser Weise wirksame Temperaturgrad je nach der Spaltpilzart und nach den jeweiligen sonstigen Bedingungen verschieden. Das Wachsthum der Tuberkelbacillen sistirt bei einer Abkühlung unter 25°; für andere pathogene Bakterien liegt die kritische Temperatur unter 15—16°; für Saprophyten unter 5°, für einige erst unter 0°.

Ausserdem kann eine Entwickelungshemmung durch Zusatz sehr kleiner Mengen von gewissen chemischen Substanzen zum Nährsubtrat oder auch durch Stoffwechselprodukte der Bakterien (s. S. 42) erreicht werden; die nebenstehende Tabelle giebt — soweit eine vergleichende Uebersicht aus den verschiedenen, nicht nach einheitlicher Methode ausgeführten Versuchen überhaupt entnommen werden kann — ungefähre Zahlen dafür, in welcher Concentration dieselben auf verschiedene Bakterienarten wirken.

Die Wirksamkeit dieser Gifte lässt sich quantitativ dadurch feststellen, dass man verschiedene Mengen des Mittels der Nährgelatine, resp. Bouillon oder Serum zufügt und nun beobachtet, ob das Wachsthum der betreffenden Bakterienart vollständig oder theilweise behindert ist. Man findet dabei oft ein ganz verschiedenes Verhalten der einzelnen Bakterienarten; ferner ist aber sehr wohl auf die gesammten übrigen Lebensbedingungen zu achten; z. B. auf die Temperatur, Nährstoffe, Reaktion u. s. w.; werden die Bakterien auf dem Temperatur-

Bakterienhemmende Mittel	Hemmt die Entwickelung von: Milzbrand-bacillen	Fäulniss-bakterien (in Bouillon)	anderen Bakterien
Wasserstoffsuperoxyd		1 : 20000	
Chlor	1 : 1500	1 : 4000	
Brom	1 : 1500	1 : 2000	
Jod	1 : 5000	1 : 5000	
Jodkalium		1 : 7	
Chlornatrium	1 : 60		
Schwefel- oder Salzsäure	1 : 3000	1 : 400	Cholera 1 : 6000; Diphtherie 1 : 3000; Rotz 1 : 700
Schweflige Säure		1 : 6000	Typhus 1 : 500; Cholera 1 : 1000
Arsenige Säure		1 : 200	
Borsäure	1 : 800	1 : 100	
Borax		1 : 40	
Kalilauge	1 : 700		Diphtherie 1 : 600; Cholera, Typhus 1 : 400
Ammoniak	1 : 700		Cholera, Typhus 1 : 500
Soda			Cholera, Typhus 1 : 45
Aetzkalk			Cholera, Typhus 1 : 1100
Silbernitrat	1 : 60000	1 : 10000	Cholera, Typhus 1 : 50000
Quecksilberchlorid	1 : 100000	1 : 20000	Typhus 1 : 60000
Kupfersulfat		1 : 1000	
Eisenvitriol		1 : 90	
Kaliumpermanganat	1 : 1000	1 : 500	
Formalin (40 % Formaldehyd)			Cholera 1 : 20000; Staphyl. 1 : 5000
Alkohol	1 : 12	1 : 10	
Essigsäure, Oxalsäure u. s. w.		1 : 400	
Senföl	1 : 30000	1 : 3000	
Carbolsäure	1 : 800	1 : 500	Diphtherie 1 : 500; Typhus 1 : 400; Cholera 1 : 600
Benzoësäure	1 : 1000		
Salicylsäure	1 : 1500	1 : 1000	
Thymol	1 : 10000	1 : 3500	
Campher	1 : 1000		
Chinin	1 : 600		
Terpentinöl	1 : 8000		
Pfeffermünzöl	1 : 3000		
Kaliseife	1 : 1000		

optimum gehalten, so ertragen sie manche schädliche Momente reaktionslos, die bei ungünstigerer Temperatur schon merklichen Einfluss äussern.

Von der Entwickelungshemmung wesentlich verschieden ist die **Tödtung** der Bakterien, welche jedes Leben derselben unmöglich macht, auch nachdem die schädigenden Mittel wieder entfernt und die besten Lebensbedingungen hergestellt sind. Eine solche Tödtung kann aus der Entwickelungshemmung hervorgehen und durch die gleichen Mittel wie diese bewirkt werden, wenn die Dauer der Einwirkung verlängert wird; sie kann ferner in relativ kurzer Zeit erreicht werden dadurch, dass das hemmende Mittel concentrirter und energischer angewendet wird. Concentration und Dauer der Einwirkung sind daher bei jeder Abschätzung eines bakterientödtenden Mittels genau zu berücksichtigen. Die Wirksamkeit variirt je nach der Bakterienart; dann auch je nach dem Alter der Individuen und nach ihrem Entwickelungszustand. Jüngere Individuen scheinen resistenter zu sein als ältere, der Involution nahe; Sporen sind oft enorm viel widerstandsfähiger als die vegetativen Formen. Von grossem Einfluss sind ausserdem auch hier die übrigen gleichzeitig vorhandenen Lebensbedingungen, Temperatur, Nährsubstrat u. s. w.; durch gleichzeitige geringe Erhöhung der Temperatur ist der Effekt der schädigenden Mittel meist erheblich zu steigern. — Endlich ist zu beachten, dass bei Anwendung chemischer Agentien der Zusammensetzung des Nährsubstrats eine besondere Bedeutung zukommt, insofern das gleiche Mittel in dem einen Substrat vielleicht unverändert bleibt und zur vollen Wirkung gelangt, während es in anderen eine theilweise Zersetzung erfahren und dadurch wesentlich geschwächt werden kann.

Bei der Prüfung und Vergleichung der bakterientödtenden Mittel sind alle diese Verhältnisse in Rechnung zu ziehen. — Die Prüfung geschieht in der Weise, dass eine gewisse, annähernd gleiche Menge einer frischen, feuchten, oder auch an Deckgläsern, Granaten, Sandkörnern u. s. w. angetrockneten Cultur eine gemessene Zeit mit den zu prüfenden Mitteln in Berührung gebracht wird. Dann wird das Material mit Nährgelatine gemischt in Platten ausgegossen oder besser in Bouillon oder Serum bei 35° gehalten. Werden chemische Substanzen geprüft, so müssen die Deckgläser resp. Granaten, nachdem sie aus der Giftlösung herausgenommen sind, mehrfach in destillirtem Wasser abgespült werden, damit keine Spur des Giftes in die Nährgelatine übertragen wird und dort etwa hemmend auf das Wachsthum wirkt. Die Culturen werden mehrere Tage im Brütofen gehalten; ist dann auf denselben jede Bildung von Colonieen ausgeblieben. so sind die betreffenden Bakterien als getödtet anzusehen.

Von besonderer Bedeutung sind diejenigen schädigenden Einflüsse, welche innerhalb unserer natürlichen Umgebung ein Absterben von Bakterien in grösserem Umfange zu bewirken vermögen. Dahin gehört fortgesetztes Fehlen von Nährstoffen, in Folge dessen sporen-

Bakterientödtende Mittel	Vernichtet: Strepto- und Staphylo-kokken	Milzbrand-, Typhus-, Cholerabacillen		Milzbrand-sporen
	innerh. 5 Min.	innerh. 5 Min.	in 2—24 St.	
Wasserstoffsuperoxyd	conc.	1 : 200	1 : 500	1:100 n. 1 St.
Chlor	0·1%	0·1%		0·2% in 1 St.
Jodtrichlorid	1 : 200	1 : 1000		1:1000(½ Tg.)
Jodkalium			1 : 10	
Schwefel- od. Salzsäure	1 : 10	1 : 100	1 : 1500 Typhus 1: 700	1: 50 n. 10 Tagen
Schweflige Säure . .			1 : 300 Gas: 10 Vol.% (nur oberfl.)	
Borsäure			1 : 30	conc. unvollständig
Kalilauge	1 : 5		1 : 300	
Ammoniak			1 : 300	
Soda			1 : 40	
Ammoniumcarbonat .			1 : 100	
Aetzkalk			1 : 1000	
Silbernitrat	1 : 1000		1 : 4000	
Quecksilberchlorid . .	1:10000—1000	1 : 2000	1 : 10000	1:2000(26 St.
Kupfersulfat				1:20 (5 Tage)
Kaliumpermanganat .	1 : 200			1:20 a. 1. Tag
Chlorkalk		1 : 500		1:20 (1 St.)
Alkohol	70% n.15 Min.	70% n.10 Min.		
Essigsäure, Oxals. etc.			1 : 2—300	
Chloroform			1 : 14	
Formalin	1 : 10	1 : 20	1 : 1000	1:20 in 6 St.
Carbolsäure	1 : 60	Cholera 1: 200 Typhus 1: 50	1 : 300	1:20 in 4—45 Tagen (bei 40° in 3 Stunden)
Salicylsäure	1 : 1000			
Kresolseifenlösung .	1 : 40	1 : 40		1:10 n. 12 St.
Kreolin		1 : 100	1 : 3000 (Typh. 1: 250)	
Lysol	1 : 300	1 : 300		10% in 5 St.
Chinin				1:100 n. 10 T.
Terpentinöl				conc. 5 Tage

freie Bakterien den Inanitionstod erleiden, und zwar einige Arten schon nach Stunden, andere erst nach Monaten und Jahren. Ferner ist dahin zu rechnen Schädigung durch gleichzeitig auf demselben Substrat wuchernde andere Bakterienarten und deren Stoffwechselprodukte (Säure und Alkali); sodann Temperaturen von 45—60°, wie sie namentlich an der besonnten Bodenoberfläche häufig vorkommen. Weiter der Einfluss des Lichts, besonders des directen Sonnenlichts; durch letztere werden bei Gegenwart von Luft und Wasser sogar Milzbrandsporen innerhalb einiger Stunden bis Tage getödtet; auch diffuses Tageslicht ist im Stande, nach mehrtägiger Einwirkung auf die Culturen z. B. Tuberkelbacillen zum Absterben zu bringen. Nur auf manche Schimmel- und Hefenpilze übt Belichtung einen günstigen Einfluss aus. — Besonders bedeutungsvoll und in grossem Maassstabe in der Natur wirksam ist noch die Wasserentziehung, das Austrocknen der Bakterien. Zahlreiche Mikrokokken, Spirillen und Bacillen vertragen in sporenfreiem Zustand durchaus keine intensivere Wasserentziehung. Die an trockenen Objekten etwa haftenden Bakterien, namentlich die im Ganzen empfindlicheren pathogenen, sind oft nicht mehr lebensfähig. Alle Bakterien, welche durch Austrocknen getödtet werden, können ferner niemals durch Luftstaub verbreitet werden, da in letzteren nur völlig trockene Organismen übergehen. Für die Infektionsgefahr, welcher wir durch eine bestimmte Spaltpilzart ausgesetzt sind, ist es daher von grosser Bedeutung, ob die Individuen der betreffenden Art beim völligen Austrocknen sich lebensfähig erhalten.

Die künstlich anwendbaren Tödtungsmittel sind auch praktisch wichtig, weil sie zur Desinfektion von Kleidern, Wohnungen, Latrinen u. s. w. benutzt werden. Welche bakterientödtende Mittel hier am besten Verwendung finden, und wie sich im Einzelfall die Technik der Desinfektion gestaltet, das ist in einem späteren Kapitel zu erörtern; hier sei nur eine Uebersicht der desinficirenden Mittel gegeben. Zunächst ist hohe Temperatur zu erwähnen. In flüssigen Substraten sind 50—60° im Allgemeinen ausreichend, um bei einer Einwirkungsdauer von 10—60 Minuten sporenfreie Bacillen und Mikrokokken zu tödten. Einige Arten erfordern höhere Wärmegrade oder längere Einwirkung. Sporen gehen vielfach erst durch eine Temperatur von 100° zu Grunde, welche 2—15 Minuten, bei einzelnen saprophytischen Arten sogar 5—16 Stunden einwirken muss.

Ein erheblicher Unterschied besteht darin, ob die Erhitzung im trockenen Zustand und in relativ trockener Luft oder aber in Flüssigkeiten resp. in Wasserdampf erfolgt; bei trockenen Sporen ist das Eindringen durch die Sporenmembranen erschwert und die das Ab-

sterben begleitenden Aenderungen des Protoplasmas kommen nicht so leicht zu Stande, als wenn dieselben einen gewissen Wassergehalt besitzen. Trockene Luft tödtet daher dieselben Sporen erst bei dreistündiger Einwirkung von 140—160°, welche in kochendem Wasser oder Wasserdampf innerhalb 5—10 Minuten zu Grunde gehen.

Niedere Temperaturen, auch unter 0°, wirken nur in geringem Grade schädigend. Manche besonders empfindliche Bakterienarten gehen durch Gefrieren zu Grunde; von anderen Arten sterben die älteren, weniger widerstandsfähigen Individuen ab; die Mehrzahl der sporenfreien und wohl alle sporenhaltige Bakterien werden dagegen in Eis lebensfähig erhalten.

Ferner sind zur Tödtung der Bakterien zahlreiche chemische Substanzen geeignet und zwar im Wesentlichen die gleichen wie die zur Entwickelungshemmung benutzten. Die umstehende Tabelle giebt über die Wirksamkeit der wichtigsten chemischen Tödtungsmittel gegenüber vorsichtig angetrockneten Bakterien Auskunft, jedoch nur in ganz annähernder Weise, da die Einzelzahlen nicht nach einheitlicher und den auf S. 48 präcisirten Forderungen entsprechender Methode gewonnen sind.

Chlor, Brom und Jod desinficiren sehr energisch, sind aber in der Praxis der Desinfection wenig anwendbar, weil sie alle Gegenstände zu stark beschädigen. Ozon wirkt erst in grösserer Concentration bakterientödtend (s. Kapitel „Luft"). Wasserstoffsuperoxyd desinficirt in 1 proc. Lösung kräftig und ist praktisch verwendbar. — Die Mineralsäuren sind unter einander ziemlich gleichwerthig; sporenfreie Bakterien vernichten sie in 1proc. Lösung schon in wenigen Minuten. Die Alkalien wirken in Form der Aetzalkalien zwei- bis dreimal schwächer als Säuren, erheblich geringer in Form der Carbonate. Die Ammonverbindungen stehen hinter den übrigen Alkalien zurück. Seifenlösungen sind nur bei gleichzeitiger Erwärmung wirksam; 10proc. Schmierseifenlösung von 75° tödtet in 20 Minuten Milzbrandsporen ab. — Energisch desinficirende Wirkung kommt ferner dem Aetzkalk zu. Diesem weit überlegen sind aber Kupfer-, Silber-, Gold- und Quecksilbersalze. Letztere repräsentiren unser wirksamstes und am meisten anwendbares Desinfektionsmittel.

Unter den organischen Verbindungen ist das Chloroform als gutes Desinficiens zu nennen; mit Chloroform gesättigtes Wasser tödtet sporenfreie Bakterien rasch ab. Jodoform wirkt auf fast alle Bakterien gar nicht schädigend (Ausnahme: Cholerabacillen); zur Wundbehandlung ist es trotzdem verwendbar, weil anscheinend unter dem Einfluss gewisser Bakterien und Zersetzungen in der Wunde Abspaltung von Jod erfolgt. Formaldehyd in 40%iger wässriger Lösung (Formalin) hemmt in 1 p. m.-Lösung die Bakterienwucherung; bei höheren Concentrationen tödtet es Bakterien, selbst Sporen. In Gasform ist Formaldehyd bei Einhaltung einer bestimmten Concentration und Zeitdauer der Einwirkung im Stande, alle auf den Flächen und in der Luft eines Zimmers vorhandenen pathogenen Bakterien abzutödten.

Formaldehyd spielt daher in der Praxis der Desinfektion eine sehr wichtige Rolle (s. Kap. „Bekämpfung der parasitären Krankheiten"). — Auch der Aethylalkohol wird praktisch als Desinfectionsmittel verwendet, besonders zur Händesterilisation vor aseptischen Operationen. Absoluter Alkohol wirkt unvollkommener als 60—70%iger Alkohol.

Verbreitete Desinficientien finden sich unter den Körpern der aromatischen Reihe. Bis vor einigen Jahren hielt man die Carbolsäure für besonders wirksam; es zeigte sich aber, dass wirksamere Körper gegeben sind in den Kresolen (Oxytoluolen) und anderen homologen Phenolen, die neben Carbol im Theer und in der rohen Karbolsäure enthalten sind. Um die schwer löslichen, resp. unlöslichen Kresole löslich zu machen, wird entweder Schwefelsäure zu roher Karbolsäure zugesetzt, so dass sich Kresolsulfosäuren bilden; oder die Kresole werden mit Seifenlösung emulgirt (Kresolseifenlösung); oder die Kohlenwasserstoffe und Kresole des Theers werden durch Harzseife emulgirt (Kreolin); oder aus einem an Kresolen reichen Theeröl wird durch Leinölseife eine Lösung hergestellt (Lysol); oder die Kresole sind durch kresotinsaures Natrium (Solveol) bezw. durch Kresolnatrium (Solutol) in Lösung gebracht; oder endlich rohes Carbol ist mit Mineralöl gemischt, so dass die Mischung auf Wasser schwimmt; allmählich lösen sich dann von oben her Kresole in den zu desinficirenden Flüssigkeiten (Saprol). — Von diesen Präparaten ist das praktisch wichtigste die officinelle Kresolseife, Liquor Cresoli saponatus, ein Gemisch von gleichen Theilen Rohkresol und Kaliseife, das in 5%iger Lösung zur Verwendung kommt.

Bemerkenswerth sind unter den organischen Desinficientien noch die ätherischen Oele, die in vielen Parfüms enthalten sind; ferner die Anilinfarbstoffe, wie Methylviolett (Pyoktanin) und Malachitgrün, die in Verdünnungen von 1:1000 und weniger sporenfreie Bakterien rasch abtödten.

Werden schädigende Einflüsse nicht so intensiv auf Bakterien applicirt, dass deren Tödtung erfolgt, sondern kürzt man die Dauer der Einwirkung etwas ab oder mässigt man den Temperaturgrad, resp. die Concentration, so entsteht bei vielen Arten eine gewisse **Abschwächung,** die sich eine längere Reihe von Generationen hindurch erhält. Dieselbe äussert sich meist durch eine Verlangsamung der Vermehrung und in einer geringeren Resistenz gegen Schädlichkeiten. Besonders wichtig ist es, dass manche pathogene Arten gleichzeitig einen theilweisen oder gänzlichen Verlust der Virulenz erfahren; für einige Gährungserreger ist in ähnlicher Weise eine Einbusse ihres Gährungsvermögens constatirt. Solche „Abschwächung" kann z. B. bei Milzbrandbacillen erzielt werden durch 15 Minuten dauernde Einwirkung von 52°, durch 4stündige Erwärmung auf 47°, durch 6tägige Erwärmung auf 43°, durch 28tägige auf 42·5°, ferner durch längere Einwirkung dünner Lösungen von Carbolsäure oder Kaliumbichromat; auch durch Insolation von bestimmter Dauer u. s. w. — Die „abgeschwächten" Infektionserreger können als Impfstoffe bei der Schutzimpfung Verwendung finden, welche neuerdings in so grossem Um-

fange als prophylaktisches Mittel gegen Infektionskrankheiten empfohlen und unten ausführlicher zu besprechen ist.

e) Die diagnostische Unterscheidung und systematische Eintheilung der Spaltpilzarten.

Früher haben einige Botaniker wohl die Ansicht geäussert, dass die Spaltpilze ein derartiges Anpassungsvermögen besitzen, dass sie ihre Form und ihre Funktionen je nach dem Substrat ändern, auf welchem sie gerade leben. Diese Ansicht hat jedoch durch die zahlreichen Forschungen der letzten Jahre keine Bestätigung gefunden. Wir sehen vielmehr, dass wohl charakterisirte, distinkte Species und Varietäten bei den Spaltpilzen in der nämlichen Weise existiren, wie bei den Schimmelpilzen und bei den höheren Pflanzen. Manche Spaltpilze bewahren sogar ihre Artcharaktere mit ganz besonderer Zähigkeit. Bei anderen dagegen treten allerdings mit der Variirung der Lebensbedingungen kleine Abweichungen von ihrem sonstigen Verhalten ein, namentlich geringe morphologische Aenderungen, oder auch gewisse Differenzen im Aussehen der Colonieen und Culturen. So liefern manche Bacillen (z. B. Proteus-, Typhusbacillen) bei günstigsten Lebensbedingungen, Temperatur von 37 ° u. s. w. kurze, kugelähnliche Elemente, so dass sie Kokken gleichen, während sie bei niederer Temperatur zu langen Bacillen und Fäden auswachsen. Verlust der Farbstoffproduktion, des Peptonisirungsvermögens, der Gährungserregung oder der Virulenz werden nicht selten bei fortgesetzter künstlicher Züchtung als Folge einer Anpassung an die veränderten Lebensbedingungen beobachtet; und dieser Verlust gleicht sich unter adäquaterem Verhalten entweder rasch wieder aus, oder bleibt längere Zeit bestehen.

Alle diese Abweichungen halten sich indess innerhalb gewisser Grenzen. Sie führen keineswegs zu einem völligen Verwischen aller Artcharaktere, sondern sie bilden vielmehr einen Theil der Arteigenthümlichkeiten, und je vollständiger sie erkannt werden, um so besser wird die Abgrenzung einer Art gelingen.

Für die praktische Verwerthung unserer Kenntnisse über die Mikroorganismen ist die relative Beständigkeit der wesentlichen Artcharaktere von ausserordentlicher Bedeutung. Wäre dieselbe nicht vorhanden, so würde weder jemals eine diagnostische Unterscheidung und Erkennung von Spaltpilzen möglich sein, noch könnten wir mit irgend welcher Aussicht auf Erfolg mit Spaltpilzen experimentiren und zu wirklichen Fortschritten in der Erkenntniss des Verhaltens der Infektionserreger gelangen.

Im Grossen und Ganzen stehen uns folgende Mittel zur diagnostischen Unterscheidung und zur Eintheilung der Spaltpilze zu Gebote: **Erstens** morphologische Merkmale. Unter diesen scheint sich der Modus der Fruktifikation, also der Sporenbildung und Sporenkeimung, am constantesten zu erhalten und am besten als Classifikationsprincip zu eignen. Da indessen der Vorgang der Sporenbildung sehr schwierig zu beobachten und für viele Bakterien noch gar nicht erforscht ist oder überhaupt nicht vorliegt, müssen vorläufig andere morphologische Merkmale zur Classifikation benutzt werden. Vor allem ist die verschiedene Wuchsform der Bakterien als Micrococcus, resp. Bacillus (Bacterium) oder Spirillum in Betracht zu ziehen, da dieselbe mit wenigen Ausnahmen von der einzelnen Art zäh festgehalten wird. Die systematische Eintheilung der Spaltpilze stützt sich daher zweckmässig zuvörderst auf drei grosse Abtheilungen: Coccaceae, Bacillaceae (Bakteriaceae), Spirillaceae, wobei unter die Coccaceae nur solche Bakterien gerechnet werden, welche bei ihrer Vermehrung ausschliesslich kugelige Individuen bilden; unter die Bacillaceae solche, welche für gewöhnlich als Stäbchen oder Fäden, zuweilen als Sporen, niemals aber als Mikrokokken, d. h. mit fortgesetzter Vermehrung in Kugelform vorkommen; und unter die Spirillaceae solche Bakterien, welche stets als kürzere oder längere Stücke von Schrauben erscheinen und bei ihrer Vermehrung immer wieder solche Schrauben produciren. — (Die durch echte Verästelungen ausgezeichneten Bakterien werden als eine besondere, zwischen Faden- und Spaltpilze einzureihende Gruppe „Streptothricheae“ zusammengefasst, s. unten.)

Zweitens können wir biologische Merkmale zur Differenzirung benutzen. Wenn auch die morphologischen Kennzeichen wohl ausreichen, um jene grossen Abtheilungen zu begründen, so ist es doch unmöglich, eine weitere Unterscheidung nach solchem Princip durchzuführen. Dazu sind die unter den verschiedenen Arten hervortretenden Formdifferenzen viel zu geringfügig.

Offenbar sind manche biologische Eigenschaften der Spaltpilze weit besser zu einer Charakterisirung und vorläufigen Classificirung geeignet. Vor allem bietet das Aussehen der Colonieen auf einem bestimmten Nährboden zahlreiche augenfällige Differenzen.

Berücksichtigt man zunächst nur einen sog. normalen Nährboden, nämlich die mehrerwähnte Nährgelatine, so zeigen sich bereits auf dieser die Colonieen verschiedener Arten von ganz ungleichem Aussehen. Auf den Platten bildet die eine Art weisse trockene Häufchen, die andere weisse schleimige Tropfen, eine dritte Colonie verflüssigt die Gelatine in ihrem Umkreis und sinkt auf den Boden des hergestellten Verflüssigungskraters; wieder andere Colonieen zeigen lebhaft gelbe, grüne, rosarothe, dunkelrothe Farbe. Ferner zeigt das mikro-

skopische Bild der jüngsten Colonieen sehr charakteristische Differenzen. Dieselben erscheinen bald als runde, scharf contourirte, bald als unregelmässige Scheiben mit vielfach gezacktem und gezähneltem Contur. Bald sind sie weisslich oder hellgelb von Farbe, bald dunkelbraun bis schwarz; bald zeigen sie eine homogene Oberfläche, bald ist dieselbe von tiefen Furchen durchzogen. — Auch die sogenannten „Stichculturen" in Nährgelatine bieten manches interessante Merkmal. Dieselben werden dadurch angelegt, dass man in ein Röhrchen mit starrer Nährgelatine mittelst Platindrahts, welcher kurz vorher mit einer Colonie der betreffenden Art in Berührung gebracht wurde, einen Einstich macht; entlang dem Impfstich entwickelt sich dann die Cultur als weisslicher oder gelblicher Faden, bald nur zart angedeutet, bald dick hervortretend, bald im ganzen Umkreis die Gelatine verflüssigend, und so eine Röhre bildend, in deren flüssigem Inhalt die Reste der Cultur schwimmen. Oder man legt auch Strichculturen an, d. h. man lässt die Gelatine bei schräger Lage des Röhrchens erstarren, so dass eine relativ grosse Oberfläche entsteht, und über diese Fläche führt man den Platindraht mit losem Strich. Es entwickelt sich dann von diesem Strich ausgehend bald nur eine zarte Auflagerung, bald ein dicker schleimiger Belag, und bald entfernt sich dieser nur wenig vom Impfstrich, bald wuchert er schnell über die ganze Fläche der Gelatine.

Sollte schliesslich die Art des Wachsthums auf Nährgelatine keine Differenzirung zwischen zwei Arten ermöglichen, so bietet doch vielleicht das Wachsthum auf anderen Nährsubstraten brauchbare Unterschiede. Z. B. wachsen manche Bakterien auf Nährgelatine gleich, aber auf Kartoffeln völlig verschieden. Auch die übrigen Lebensbedingungen, oder aber die Absterbebedingungen gewähren Unterscheidungsmerkmale, wenn die Culturmethoden versagen. Manchmal zeigt uns ferner das Thierexperiment noch Unterschiede zwischen zwei Arten, welche im Uebrigen als völlig gleich erscheinen.

Ist eine kleine Gruppe unter sich sehr ähnlicher Bakterienarten aus der Menge der übrigen abgegrenzt, so lassen sich innerhalb dieser Gruppe oft mit Vortheil wieder morphologische Differenzen oder Besonderheiten in der Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe verwerthen (Gram'sche Färbung; s. im Anhang).

Hervorgehoben sei noch, dass wir zuweilen zwischen zwei Bakterienarten, von denen verschiedenartige Wirkungen auszugehen scheinen, keine morphologische oder biologische Differenzen finden. Offenbar ist man nicht berechtigt, in Folge eines solchen Mangels von merklichen Differenzen die Bakterien als identisch und beide Krankheiten als ätiologisch einheitlich anzusehen. Unsere Mittel zur Untersuchung und Unterscheidung der Bakterien sind gegenüber deren unendlichen Kleinheit noch so grob und unzulänglich, dass sehr wohl typische Differenzen existiren können, welche sich bis jetzt unserer Wahrnehmung völlig entziehen.

Unter Anwendung der aufgezählten Hülfsmittel gelangen wir schliesslich zu einer systematischen Eintheilung der Spaltpilze, welche zwar durchaus den Charakter eines provisorischen Versuchs trägt, aber doch einigermaassen eine Orientirung auf dem grossen und sonst unentwirrbaren Gebiet der Mikroorganismen gestattet.

f) Beschreibung der wichtigsten Bakterienarten.

1. Coccaceae.

Staphylococcus pyogenes aureus (Fig. 15).

Der häufigste Eiterpilz, wird in 50 Procent und mehr aller eiternden Wunden u. s. w. gefunden; er ist fast regelmässig als einzige Bakterienart in Acnepusteln, Furunkeln, akuten Abscessen, im Eiter von Phlegmonen enthalten; ferner kann er vom Blut aus pyämische Processe hervorrufen und erzeugt dann Eiterherde in den verschiedensten Organen. Er findet sich gewöhnlich als einzige Bakterienart im Knochenmark bei akuter Osteomyelitis.

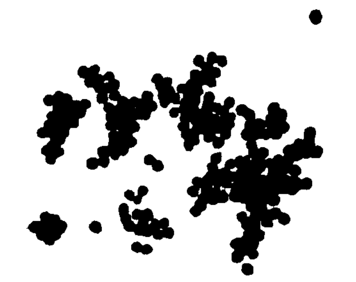


Fig. 15. Staphylococcus pyogenes. Culturpräparat. 800 : 1.

Kleine unter 1 μ messende, in regellosen Haufen liegende Kokken; nach Gram färbbar. Bilden auf Gelatineplatten am zweiten Tag punktförmige Colonieen, die bei 80facher Vergrösserung, so lange sie in der Tiefe liegen, rund oder oval, scharfrandig, feinkörnig und dunkelgelb bis braun erscheinen. Sobald sie bis zur Oberfläche durchwachsen, verflüssigen sie die Gelatine im Umkreis von 1 bis 2 mm. Wächst auch auf Kartoffeln als goldgelber Belag; ferner in Milch unter Gerinnung derselben. Hält sich sehr lange lebensfähig, in Culturen oft über ein Jahr.

In unserer Umgebung ist er sehr verbreitet; er findet sich auf der Nasen- und Rachenschleimhaut sowie im Darm bei gesunden und kranken Menschen, wird durch Berührungen auf die äussere Haut und die Kleider übertragen; kann auch durch trockenen Staub weiter verbreitet werden. — Die Cultur des Pilzes auf die gesunde Haut der Menschen fest eingerieben, erzeugt ausgebreitete Furunkel; in Wunden der Haut gebracht, erregt er Eiterung. Unter den gebräuchlichen Versuchsthieren reagiren nur Meerschweinchen auf subcutane Einverleibung mit Eiterung und Abscessen. Injicirt man die Cultur Kaninchen in's Blut oder in die Peritonealhöhle, so bilden sich reichliche Kokkenherde in verschiedenen Capillargebieten, namentlich in den Nieren, und die Thiere gehen wesentlich in Folge der embolischen Nephritis zu Grunde. Werden nach der intravenösen Injektion Knochen des Thieres gebrochen, so entstehen in diesen osteomyelitische Processe.

Neben dem Staph. aureus kommt eine citronengelbe Varietät mit ähnlichen Wirkungen vor.

Staphylococcus pyogenes albus.

Dem vorigen morphologisch und biologisch gleich, nur dass die Colonieen, Stich- und Strichculturen weiss bleiben. Ein Uebergang der weissen in die gelb wachsende Art oder umgekehrt wird bei sorg-

fältiger Reinhaltung der Culturen anscheinend nicht beobachtet. Ausser der Farbe liegen auch noch andere wichtige Differenzpunkte zwischen beiden Arten vor: 1) bezüglich des Fundorts. St. p. aureus wird relativ selten und in geringer Menge auf der menschlichen Haut gefunden, auf deren Oberfläche er gelegentlich von den Schleimhäuten aus verschleppt wird. St. p. albus wuchert dagegen regelmässig in der Haut, wächst in Schweiss- und Talgdrüsen hinein und wird daher bei schichtweisem Abtragen der Haut noch in tiefen Schichten reichlich gefunden. Bei der Desinfektion der Hände wird er von den Desinficientien schwer erreicht. 2) Bezüglich der Wirkungen in Wunden der menschlichen Haut erscheint der St. p. albus ungleich harmloser. Er erzeugt meist nur Stichkanaleiterung an den Wundnähten nach aseptischen Operationen; gefährlichere Eiterungen, Sepsis, Osteomyelitis werden durch ihn selten hervorgerufen, und wo dies beobachtet wurde, ist es noch zweifelhaft, ob nicht andere Eitererreger zugegen waren, die bei der Cultur von dem St. albus verdeckt wurden.

Streptococcus pathogenes longus (Fig. 16).

Diplokokken und Kokkenketten häufig von mehr als 6 Gliedern.

Nach Gram färbbar. Bildet auf Gelatineplatten erst am dritten bis vierten Tage kleine Colonieen, weiss, ohne Verflüssigung der Gelatine; unter dem Mikroskop zeigen sich die Colonieen rund, graugelblich, fein granulirt. Im Stich und Strich nur zarte Entwickelung meist nicht confluirender Colonieen; auf Kartoffeln kein merkliches Wachsthum.

Fig. 16. Streptococcus pathogenes longus. Culturpräparat. 800:1.

Findet sich ebenfalls sehr häufig im Eiter und ist in unserer Umgebung sehr verbreitet, besonders auf den menschlichen Schleimhäuten; auf der Rachenschleimhaut gesunder Menschen bei 70—80 % der Untersuchten. Erzeugt in Hautwunden Eiterung; ausserdem gelegentlich Lymphangitis, Erysipel, Puerperalfieber und andere septische Erkrankungen; er wird ferner bei Angina, Scharlachdiphtherie, Gelenkentzündungen nach Scharlach, Endocarditis, Meningitis, Otitis u. s. w. häufig gefunden, und muss als Erreger dieser Krankheiten angesprochen werden. Vielfach gesellt er sich anderen Krankheitserregern hinzu und erzeugt Mischinfektionen, so bei Diphtherie und Phthise. Die Unterschiede, welche die bei diesen verschiedenen Affektionen herausgezüchteten Streptokokken im morphologischen und culturellen Verhalten unter einander zeigen, sind zum Theil äusserst geringfügig oder es sind solche überhaupt nicht wahrnehmbar. Die Verschiedenheiten der Invasionsstätte und der individuellen Empfänglichkeit sowie Differenzen der Virulenz reichen aus, um die

Verschiedenartigkeit der Erkrankung zu erklären. Die Virulenz ist je nach dem Ausgangsmaterial sehr wechselnd; sie schwankt ausserdem nach den Züchtungsbedingungen. Durch fortgesetzte Thierpassage lässt sich die Virulenz für die betreffenden Versuchsthiere sehr steigern; nachweislich ist aber die Virulenz gegenüber Thieren durchaus nicht maassgebend für die Virulenz gegenüber dem Menschen, und der gleiche Stamm hat sogar auf verschiedene Menschen ganz ungleiche Wirkung.

Ausser dem Strept. pathog. longus kommen noch andere Streptokokken zur Beobachtung, die Unterschiede im morphologischen und biologischen Verhalten erkennen lassen. So bilden die einen Streptokokken vorwiegend lange Ketten (Str. longus), wachsen in Bouillon ohne diffuse Trübung, nur mit Flöckchenbildung, verflüssigen die Gelatine nicht, bilden keinen sichtbaren Belag auf Kartoffeln; andere bilden kurze Ketten (Str. brevis), trüben die Bouillon, verflüssigen langsam die Gelatine, wachsen merklich auf Kartoffeln; eine dritte Gruppe von höchst virulenten Streptokokken wächst auf Gelatine unter Verfärbung derselben; die in Scharlachfällen gefundenen Streptokokken bilden in Bouillon zusammengeballte Flöckchen (Str. conglomeratus).

Es kommen indessen zwischen allen diesen Streptokokken Uebergänge vor, indem die morphologischen und biologischen Kennzeichen der einzelnen Spielart Variationen unterliegen können.

Diplococcus Pneumoniae (Streptococcus lanceolatus) (Fig. 17).

Diplokokken, die bei croupöser Pneumonie in dem erkrankten Organ und im rostfarbenen Sputum regelmässig vorkommen, sehr häufig auch bei Bronchopneumonieen. Secundäre Ansiedlungen der Kokken bewirken Meningitis, Pleuritis u. s. w. Eitrige Otitis media, Endocarditis ulcerosa, Abscesse und Gelenkeiterungen sind oft auf den Dipl. pneum. zurückzuführen. — Die Kokken sind eiförmig, häufig mit zugespitzten Enden, und zeigen in Sputum- resp. Blutpräparaten eine sich scharf abzeichnende ungefärbte Schleimhülle. (Diplococcus lanceolatus capsulatus). Nach Gram färbbar. — In den Culturen kurze, 4—6gliedrige Ketten. (Streptococcus brevis).

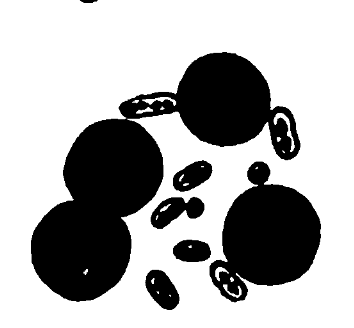


Fig. 17. Diplococcus Pneumoniae. (Fränkel). Mäuseblut 800:1.

Die Kokken gedeihen am besten auf Agar oder Blutserum bei 35°, wo sie einen thautropfenähnlichen grauweissen Belag bilden. Die Culturen sterben rasch ab und gehen durch Austrocknen (in Culturen rasch, nicht so leicht in schleim- und eiweisshaltigen Medien) zu Grunde. Mäuse und Kaninchen sterben zuweilen schon nach Einimpfung kleiner Dosen an Septikämie, regelmässig nach Injektion in die Blutbahn und man findet die Kokken dann reichlich in Blut und Organen. Bei directer Injektion in die Lunge, zuweilen auch nach subcutaner Impfung, entsteht fibrinöse oder eitrige Pleuritis, Endocarditis u. dgl. Bei fortgesetzter Cultur tritt bald Verlust der Virulenz ein. — Da danach eine längere Haltbarkeit virulenter Diplokokken in unserer Umgebung so gut wie ausgeschlossen ist, da die Kokken aber auf der normalen Mund- und Rachen-

schleimhaut vieler Menschen gefunden werden, nimmt man an, dass sie von dort unter gewissen Umständen und namentlich unter Mitwirkung von „Erkältungskrankheiten“ in die Lunge eindringen.

Seltener beobachtet man in pneumonischen Lungen eine Bakterienart, die von FRIEDLÄNDER als Erreger der Pneumonie angesprochen und als Micrococcus Pneumoniae bezeichnet wurde. Diese Art bildet jedoch in Culturen wesentlich Bacillen und sogar Fäden und wird daher richtiger als Bacillus Pneumoniae bezeichnet. Im mikroskopischen Präparat lassen sich leicht Kapseln sichtbar machen. Er wächst üppig in Gelatine in Form eines weissen schleimigen Belags (ähnlich wie Bac. aërogenes, s. u.). — Für Kaninchen ist er völlig unschädlich, für Mäuse nur, wenn ihnen übergrosse Mengen durch Inhalation oder mittelst Injektion der Culturen durch die Thoraxwand in die Lunge gebracht werden. — Er scheint regelmässiger Epiphyt der menschlichen Nasen- und Rachenschleimhaut und ohne ätiologische Bedeutung für Pneumonieen zu sein.

Staph. pyog. aureus und albus, Strept. path. longus und der Diploc. pneumoniae sind die häufigste Ursache der Eiterung, Sepsis und Pyämie. — Eiterung kann im Experiment auch z. B. durch isolirte Toxine bewirkt werden, in der Praxis kommen aber nur die genannten Kokken- und einige später zu beschreibende Bacillenarten (nam. B. coli) in Betracht. — Akute Sepsis und Pyämie, sog. Blutvergiftung, entsteht nie durch Eindringen eines Giftstoffs in eine Wunde (z. B. sog. Leichengift, giftige Farbe, Phosphor, Dinte und dgl.), sondern stets durch eine Invasion derartiger lebender Bakterien. Häufig fällt zeitlich diese Invasion nicht mit der Verletzung zusammen, sondern erfolgt nachträglich durch Finger, Speichel, Verbandzeug u. s. w., an denen die Bakterien haften.

Diplococcus intracellularis meningitidis.

Semmelförmige Diplokokken, vorzugsweise in Leukocyten eingelagert, dem Gonococcus ähnlich. Meist, aber nicht immer, nach GRAM färbbar. Züchtung gelingt nur bei 37° auf Glycerinagar. Neuerdings in fast sämmtlichen Fällen von epidemischer Genickstarre im Exsudat der Pia und im Nasenschleim der Erkrankten nachgewiesen.



Fig. 18. Micrococcus der Gonorrhoe. 800:1 (nach BUMM). a = frei liegende Kokken. b = Kokken in Eiterzellen c = Epithelzelle mit Kokken.

Micrococcus Gonorrhoeae (Gonococcus) (Fig. 18) finden sich regelmässig in gonorrhoeischem Sekret, so lange dasselbe noch kontagiös ist.

Diplokokken, die in kleinen Haufen auf und namentlich in den Zellen des Sekrets liegen. Messen im Längsdurchmesser 1.25 μ, im Querdurchmesser 0.6

bis 0.8 μ. Nach Gram nicht färbbar. Wachsen auf künstlichem Substrat schwierig; die Cultur gelingt auf menschlichem Blutserum und auf Serumagar bei 37°. Für Thiere völlig indifferent; der Diplococcus ist ein nur für den Menschen angepasster obligater Parasit.

Micrococcus tetragenus.

Häufig im menschlichen Sputum; ist ferner mehrfach als einziger Mikroorganismus in Abscessen der Mundhöhle beobachtet, so dass ihm eitererregende Eigenschaften zugesprochen werden müssen. Bildet Tafeln von je vier nebeneinander liegenden Individuen, welche von einer Gallerthülle kapselartig umschlossen sind; nach Gram färbbar; wächst leicht auf Gelatine. Die Culturen sind nur für weisse Mäuse, nicht aber für graue Hausmäuse und Feldmäuse virulent. Bringt man einer weissen Maus eine kleine Menge in eine Hautwunde, so geht dieselbe nach 3 bis 10 Tagen an Sepsis zu Grunde und zeigt im Blut und in allen Organen reichliche Mengen der Mikrokokken. Wegen seines charakteristischen mikroskopischen Bildes ist der Pilz zu allerlei Experimenten im Laboratorium besonders geeignet.

Fig. 19. Micrococcus tetragenus, Milzausstrich. 600:1.

Saprophytische Kokken.

Als Micrococcus ureae wurde früher ein Coccus beschrieben, dessen Culturen die specifische Leistung zukommen sollte, in Harn- oder Harnstofflösungen rasche Ueberführung des Harnstoffs in Ammoniumcarbonat zu bewirken. Derselbe war indessen vermuthlich identisch mit einem der ziemlich zahlreichen Kokken oder Sarcinen, denen die gleiche Eigenschaft zukommt, z. B. dem Staph. pyog. aur. und albus. Auch Bacillen wie B. coli, Proteus u. s. w. bewirken dieselbe Zersetzung.

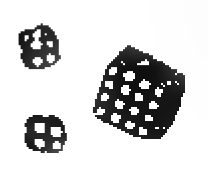


Fig. 20. Sarcina, schematisch. 600:1.

Sarcina. Mehrere Arten und Varietäten, alle charakterisirt durch die kubische Zusammenlagerung von je acht Kokken in ein Packet; oft sind mehrere kleine Packete zu einem grösseren gruppirt. Wachsen in Form trockener Häufchen auf Gelatine, die einen weiss, andere gelb, wieder andere orange. Sehr verbreitet. Werden häufig aus der Luft aufgefangen. Bei pathologischen Zuständen des Magens oft in grossen Mengen im Mageninhalt, jedoch anscheinend ohne pathogene Wirkung.

2. Bacillaceae.

Bacillus anthracis, Milzbrandbacillus (Figg. 21—25).

Findet sich im Blut und in den Organen jedes am Milzbrand gefallenen Thieres. Relativ grosse Stäbchen von 5—20 μ Länge und 1—1·25 μ Breite, ohne Eigenbewegung. Im lebenden Thierkörper und im uneröffneten Cadaver erfolgt nur fortgesetzte Vermehrung durch Theilung und Bildung von Scheinfäden. Dagegen erfolgt bei Luftzutritt und bei Temperaturen zwischen 16 und 42° im todten Substrat

und in Culturen Sporenbildung. Die Bacillen wachsen zunächst zu Fäden aus und in diesen bilden sich in perlschnurartiger Reihe glänzende Sporen (Figg. 23, 24). Schliesslich zerfällt der Faden, die Sporen werden frei und können unter günstigen Bedingungen wieder von neuem zu Bacillen auskeimen.

Die Bacillen wachsen leicht auf Nährgelatine; sie bilden auf Platten nach 24 bis 48 Stunden kleine weisse Pünktchen, welche sich bei 80facher Vergrösserung als ein unregelmässig contourirtes Knäuel aus gewellten Fadensträngen darstellen. Erreicht die Colonie die Oberfläche, so treten die einzelnen lockigen Fadenstränge am Rande deutlicher hervor (Fig. 25) und wuchern auf weite Strecken über die Gelatine hin. Gleichzeitig tritt in der Umgebung der Colonie langsame Verflüssigung ein. Dies mikroskopische Bild der Milzbrandcolonie ist so charakteristisch, dass dasselbe für die Diagnose verwerthet werden kann. — Auf Kartoffeln wachsen die Bacillen in Form einer weisslichen Auflagerung; in Bouillon entstehen wolkige Massen am Boden des Gefässes.

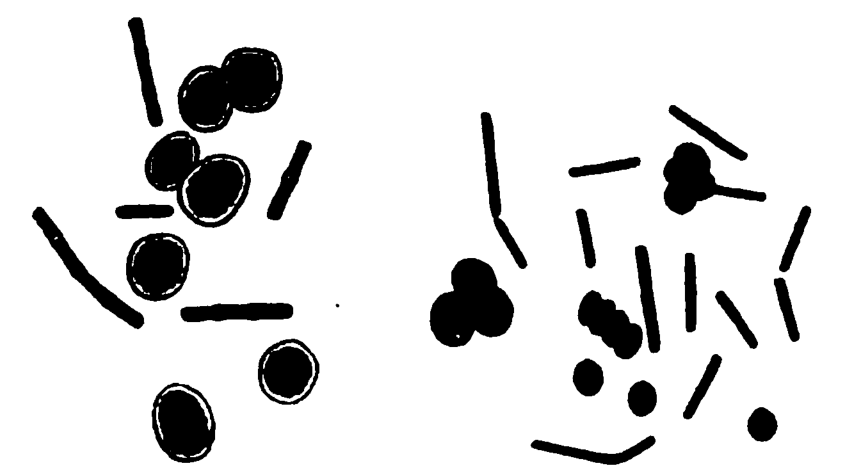


Fig. 21. Milzbrandbacillen. Mäuseblut (nach Koch). 700 : 1.

Fig. 22. Milzbrandbacillen. Meerschweinchenblut (nach Koch). 650 : 1.

Impft man Mäusen, Kaninchen, Meerschweinchen die minimalsten Mengen einer Cultur in eine Hautwunde, so sterben dieselben nach

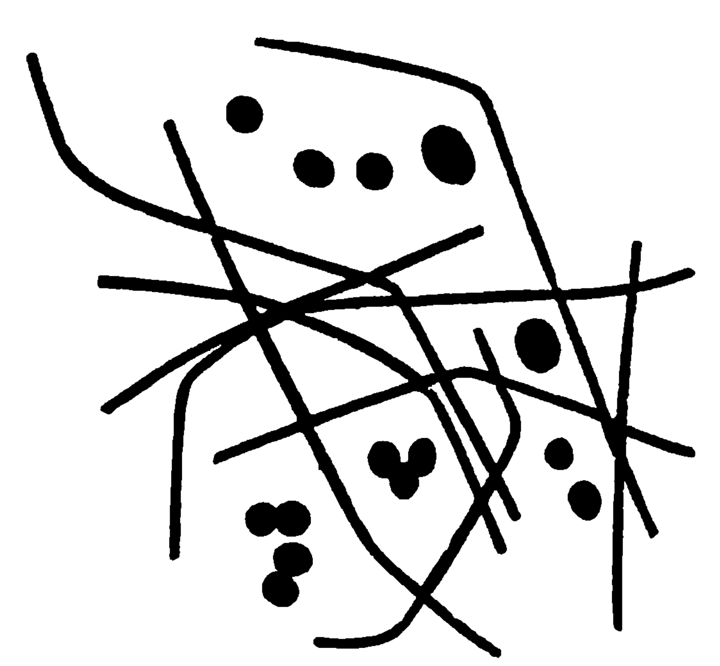


Fig. 23. Milzbrandfäden, drei Stunden alte Cultur von Meerschweinchenblut in humor aqueus (nach Koch). 650 : 1.

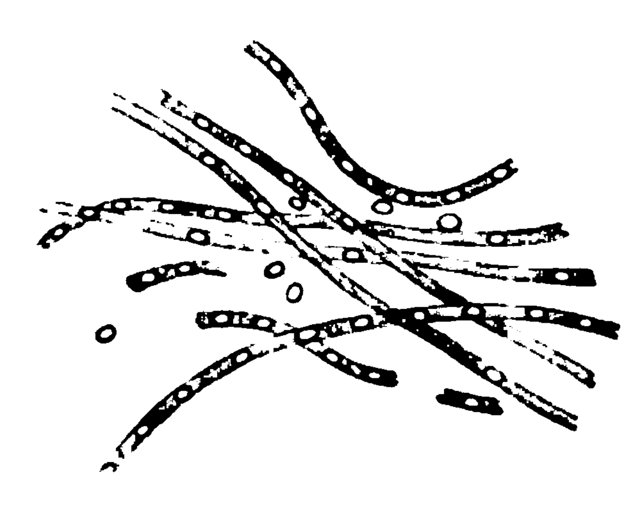


Fig. 24. Milzbrandfäden mit Sporen, 24stündige Cultur (nach Koch). 800 : 1.

22 resp. 40 Stunden am Milzbrand. Ferner sind Schafe, Rinder Pferde ausserordentlich empfänglich und in den Heerden dieser Thiere kommt es nicht selten zum Ausbruch von Epizootien. Nach dem Tode des Thieres findet man alle Capillaren der Leber, Milz, Nieren u. s. w. wie austapezirt mit enormen Mengen von Milzbrandbacillen, so dass jedes Ausstrichpräparat, namentlich aus der Milz, mit Sicherheit die Diagnose

auf Milzbrand zu stellen gestattet. Hühner, Tauben, weisse Ratten sind unempfänglich. Auch der Mensch zeigt eine relativ geringe Empfänglichkeit, da er häufig nur mit örtlicher Affektion reagirt. — Durch manche schädliche Einflüsse büssen die Culturen ihre Virulenz ganz oder theilweise ein (s. S. 52).



Fig. 25. Milzbrandcolonie. 60:1. Bei *a* der Rest der tiefliegenden Colonie, *b* oberflächliche Ausbreitungen.

Bacillus Typhi abdominalis.

Durch Cultur nachweisbar in der Milz, der Leber und den Mesenterialdrüsen jeder Typhusleiche. In den Dejektionen Typhuskranker ist der Bacillus meist nur spärlich vorhanden und wird in den Culturen leicht durch die viel zahlreicheren Coli-Bakterien verdeckt (s. unten); in manchen Fällen gelingt es aus dem Harn, oder auch aus dem Blut, besonders der Roseolaflecke, die Typhusbacillen während des Lebens zu züchten. Mikroskopisch stösst der Nachweis auch in der Typhus-Milz auf grosse Schwierigkeiten; dagegen gelingt hier der Nachweis durch das Culturverfahren mit voller Sicherheit (Gaffky). — Bei irgend welchen anderen Krankheiten sind niemals die gleichen Bacillen gefunden. Die Bacillen müssen daher als Erreger des Abdominaltyphus angesehen werden.



Fig. 26. Typhusbacillen aus Gelatinecultur (nach Loeffler). 600:1.

In den Schnittpräparaten erscheinen die Bacillen als kurze, plumpe, an den Enden abgerundete Stäbchen, welche meist in grösseren Haufen zusammenliegen. Aus den Culturen entnommen erscheinen sie je nach den Culturbedingungen verschieden, von Agarcultur bei 37° sehr kurz, von Kartoffel bei 22° länger und mit Neigung Fäden zu bilden. Oft zeigen sich in den gefärbten Bacillen ungefärbte Lücken, die jedoch nicht als Sporen aufzufassen sind. Die künstlich gezüchteten Bacillen sind trotzdem sehr resistent; sie erhalten sich im ausgetrockneten Zustande bis zu drei Monaten lebensfähig. — Im Bouillontropfen untersucht zeigen die Bacillen lebhafte Eigenbewegung; durch besondere Färbemethoden (s. Anhang) sind an jedem Bacillus 8—12 um die ganze Peripherie angeordnete Geisseln sichtbar zu machen.

Die jüngsten Colonieen auf Gelatineplatten erscheinen bei schwacher Vergrösserung rund, oder oval, oder wetzsteinförmig, von scharfem Contour und gelblichgrüner Farbe. Charakteristisch wird das Bild der Colonie, sobald sie bis zur Oberfläche durchgewachsen ist. Es entsteht dann rasch eine flache Auflagerung, welche unter dem Mikroskop einen stark ausgebuchteten Contour,

eine grauweissliche Farbe und auf der Oberfläche ein System von Furchen und Faltungen zeigt, welche sich nach dem Rande zu verästeln (weinblattartige Zeichnung). Verflüssigung der Gelatine tritt nicht ein.

Eigenthümlich ist auch das Wachsthum auf Kartoffelscheiben. Es entsteht hier über die ganze Fläche eine Art Haut, welche kaum wahrnehmbar ist, weil sie die Farbe der ursprünglichen Kartoffel völlig unverändert lässt; mikroskopische Präparate von irgend einer Stelle zeigen aber grosse Mengen beweglicher Bacillen. Auf Kartoffeln mit stärker alkalischer Reaction kommt dieses typische Wachsthum nicht zu Stande, sondern es entsteht dann eine gelbliche oder gelbbräunliche schmierige Auflagerung. — Auf Fleisch, in Bouillon, Milch u. s. w. können sich die Typhusbacillen lebhaft vermehren, auf letzterer ohne sichtbare Veränderungen hervorzurufen. In Wasser findet zwar für gewöhnlich keine Vermehrung statt, wohl aber halten sich die hineingebrachten Bacillen Monate lang. — Ueber die Differenzial-Diagnose der Typhusbacillen, die sich gegenüber zahlreichen ähnlichen Bakterien (namentlich Bact. coli-Arten) ziemlich schwierig gestaltet, siehe im Anhang.

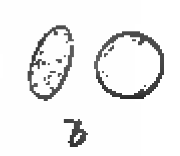


Fig. 27. Typhuscolonie. 60 : 1. *a* oberflächliche, *b* tiefliegende.

Thiere sind für Uebertragungen des Typhus-Bacillus wenig empfänglich. Eine Vermehrung erfolgt erst, wenn sehr grosse Mengen der Bacillen injicirt werden; es scheint aber, als ob eine allmähliche Gewöhnung der Bacillen an gewisse Versuchsthiere stattfinden könne. — Sehr leicht gelingt es, bei verschiedensten Versuchsthieren durch Einbringung hinreichend grosser Mengen sterilisirter oder filtrirter Culturen in kurzer Zeit ausgesprochene Intoxikationserscheinungen hervorzurufen.

Wird Menschen oder Versuchsthieren (Meerschweinchen, Ziegen) Cultur von Typhusbacillen subcutan injicirt, so zeigen sich im Blutserum der Geimpften nach kurzer Zeit Schutzstoffe, darunter solche, welche eine Aufschwemmung von Typhusbacillen zu agglutiniren, d. h. Verkleben und Häufchenbildung der Bacillen zu bewirken vermögen. Anderen Bakterien gegenüber zeigt sich diese Wirkung des Serums nicht. Die gleiche specifische Wirkung beobachtet man auch an dem Serum von Typhuskranken und Typhusrekonvalescenten (Widal'sche Reaktion). Darin liegt ein Beweis für die ätiologische Bedeutung der Typhusbacillen. Ausserdem bietet die Widal'sche Reaktion das beste Mittel zur Erkennung einer verdächtigen Erkrankung als Typhus; andererseits kann eine fragliche Cultur durch ihr Verhalten gegenüber zweifellosem Typhusserum als Typhuscultur erkannt werden. (Näheres s. in Kap. X und im Anhang.)

Bacillus aërogenes und Bacillus coli.

Dem Typhusbacillus in vielen Beziehungen ähnlich sind zwei Gruppen von sehr verbreiteten Bacillenarten, denen man gemeinsam die obenstehende Bezeichnung gegeben hat. Zur Gruppe des B. aërogenes rechnet man verschiedene Arten und Varietäten, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie im Gegensatz zum Typhusbacillus unbeweglich sind und dass sie auf Gelatineplatten ohne Verflüssigung meist als dickere, porzellanweisse Tröpfchen wachsen. Einzelne Arten bilden indess auch flache häutchenartige Auflagerungen. Aërogenesarten kommen regelmässig im Darm vor. Ferner gehört hierher ein Erreger der Milchsäuregährung, der bei Blutwärme unter den spontan in der Milch sich entwickelnden Gährungserregern in den Vordergrund tritt, Linksmilchsäure bildet und zuweilen, aber nicht regelmässig, nach Gram gefärbt bleibt.

Auch pathogene Wirkungen gehen von Aërogenesarten aus. Namentlich gehören die häufigsten Erreger von Cystitis zu dieser Gruppe; ferner die Erreger des Rhinoskleroms. — Kruse hat es neuerdings wahrscheinlich gemacht, dass der Erreger der einheimischen epidemischen Ruhr ein plumper unbeweglicher Bacillus ist, der oft in die Eiterzellen der eitrig-schleimigen Dejecte eingelagert ist, und der auf Gelatineplatten Colonieen bildet, die von Typhuscolonieen kaum zu unterscheiden sind. Das Serum von Ruhrkranken schien auf diese Bacillen specifisch agglutinirend zu wirken.

Einige Arten zeichnen sich dadurch aus, dass die Bacillen im Thier- und Menschenkörper mit sog. Kapseln auftreten; gleichzeitig pflegen sie üppiger zu wachsen und dicke schleimige Auflagerungen in den Culturen zu bilden. Zu diesen „Kapselbakterien“ gehören z. B. der Pneumobacillus Friedlaender's (s. S. 59) und die Ozaena-Bacillen.

Zur Gruppe B. coli rechnet man zahlreiche Arten, die darin übereinstimmen, dass sie plumpe oder schlanke kurze, bewegliche Stäbchen bilden, mit mehreren perithrichen Geisseln, ohne Sporen, nach Gram nicht färbbar. Auf Gelatineplatten bilden die Colonieen flache Auflagerungen, meist etwas dicker als bei den Typhusbacillen, stärker gefärbt und ohne deutliche weinblattartige Zeichnung. Jedoch kommen starke Annäherungen an das Aussehen der Typhuscolonieen vor. Ueber die sonstigen Culturdifferenzen s. im Anhang.

Coliarten findet man regelmässig im Darm des Menschen und der Thiere. Bei den verschiedensten Darmaffektionen des Menschen zeigen die Dejecte fast Reincultur von Colibakterien, so bei Kinderdiarrhoe, Cholera nostras, Cholera asiatica, Typhus u. s. w., ohne dass daraus eine

ätiologische Bedeutung der Bacillen für die betreffende Krankheit gefolgert werden darf. Manchen Arten kommen aber zweifellos pathogene Wirkungen zu; sie vermögen z. B. Entzündung der Gallenwege, Peritonitis, Cystitis, Pyelitis und Nephritis, allgemeine Sepsis zu veranlassen. Auch bei den sog. Fleischvergiftungen (s. unten) sind Coliarten ätiologisch betheiligt.

Bacillus tuberculosis.

1882 von Koch entdeckt. — Findet sich in allen tuberculösen Organen und Sekreten da, wo der tuberculöse Process im Entstehen oder Fortschreiten begriffen ist, niemals dagegen bei nicht tuberculösen Individuen. Schlanke, meist leicht gekrümmte Bacillen von 1·5—3·5 μ Länge. Charakterisirt durch das Verhalten gegen Anilinfarben; die-



Fig. 28. Sputum mit Tuberkelbacillen (und vereinzelten Diplo- und Streptokokken). 600 : 1.



Fig. 29. Colonieen von Tuberkelbacillen auf Blutserum (nach Koch). 700 : 1.

selben dringen ohne besondere Zusätze schwer in die von einer wachsartigen Hülle umgebenen Tuberkelbacillen ein, dagegen leichter, wenn ihnen Alkali, Anilin oder Carbolsäure zugefügt ist und die Einwirkung längere Zeit hindurch oder bei Siedehitze erfolgt. Die einmal eingedrungenen Farbstoffe haften dann aber sehr fest und widerstehen lange Zeit der Entfärbung z. B. durch Säure (Säurefestigkeit der Tuberkelbacillen). Färbt man zuerst mit alkalischem Farbstoff und lässt dann Säure einwirken, so bleiben alle Bakterien ohne Färbung mit Ausnahme der Tuberkelbacillen; die übrigen Bakterien und die Zellkerne können dann mit einer Contrastfarbe nachgefärbt werden (s. Anhang). — In den gefärbten Bacillen treten oft 2—6 helle Stellen auf, die aber nicht auf Sporenbildung zu beziehen sind.

Die Cultur der Tuberkelbacillen gelang Koch auf erstarrtem Blutserum, aber nur bei 37° und auch dann zeigte sich erst nach 10—14 Tagen deutliches Wachsthum in Form von trockenen Schüppchen und Bröckchen. Da Platten nicht anwendbar sind und da die Cultur so lange Zeit gebraucht, bis die Tuberkelbacillen sich ausbreiten, lässt sich für gewöhnlich kein Material zu Züchtungsversuchen verwerthen, welches noch andere saprophytische und schneller wachsende Bakterien enthält; diese occupiren sonst das ganze Nährsubstrat längst, ehe die Tuberkelbacillen sich zu vermehren beginnen. Am

besten geht man daher zum Zwecke der Anlage von Culturen von Leichentheilen aus, welche mit allen Cautelen entnommen sind, oder aber besser von den Organen eben gestorbener resp. getödteter inficirter Thiere. — Neuerdings sind viele Nährsubstrate construirt, auf welchen die Tuberkelbacillen schneller und üppiger wachsen. Besonders empfiehlt sich ein Zusatz von 4 % Glycerin zu Agar oder Bouillon. Ferner wirken Zusätze von Eidotter, Gehirn, Nährstoff Heyden (Hesse'scher Nährboden) günstig. Mit solchen Gemischen gelingt auch die Cultur aus Sputum von Phthisikern, wenn man den inneren eitrigen Kern des Sputums erst mehrfach in sterilisirtem Wasser abspült und dann auf dem zu Platten ausgegossenen Nährboden ausstreicht. — Auch auf pflanzlichem Nährboden (Kartoffeln) wachsen die Tuberkelbacillen gut; es genügt sogar ein künstliches Gemisch, welches nur Ammonsalze, 1,5 % Glycerin, Wein- oder Milchsäure und Magnesiumsulfat und Kaliumphosphat enthält.

Die Uebertragung von den Culturen aus auf Thiere gelingt am sichersten bei Meerschweinchen. Diese sind durch subcutane Impfung und durch Inhalation versprayter Aufschwemmungen oder trockenen Staubes von Cultur oder Sputum mit constantem Erfolg zu inficiren; Kaninchen schon schwieriger; alle Versuchsthiere gehen indess an typischer Tuberculose zu Grunde, wenn Cultur oder phthisisches Sputum in die Bauchhöhle resp. in eine Vene injicirt wird. Nach diesen Resultaten sind die Tuberkelbacillen zweifellos als die Erreger der Tuberculose anzusehen.

Die Bacillen sind sehr lange haltbar; im trockenen Zustand bleiben sie 6—9 Monate lebensfähig, im feuchten Zustand können sie trotz der Anwesenheit anderer Bakterien sich bis zu 6 Wochen erhalten.

In den Culturen zeigen die Tuberkelbacillen häufig ein Auswachsen zu Fäden mit echten Verzweigungen; manche Fäden enden mit keulenförmigen Anschwellungen. Auf Grund dieser Merkmale rechnet man den Tuberkelbacillus jetzt zur Gruppe der Streptothricheen bezw. zu den Fadenpilzen (ebenso wie die sich ähnlich verhaltenden Rotz- und Diphtheriebacillen). Die praktisch ausschliesslich in Betracht kommende Wuchsform ist indess die des Bacillus.

Varietäten des Tuberkelbacillus. Eine eigenthümliche Differenz fanden Koch und Schütz zwischen den aus tuberculösen Erkrankungen (Perlsucht) der Rinder und den vom Menschen stammenden Tuberkelbacillen. Während die Perlsuchterreger letzteren in Bezug auf mikroskopisches Aussehen, Culturverhalten und Wirkung gegenüber kleineren Versuchsthieren, Meerschweinchen und Kaninchen, vollkommen gleichen, unterscheiden sie sich dadurch, dass sie auch Rinder, Schafe und Schweine leicht zu inficiren vermögen, während dies mit den Erregern der menschlichen Tuberculose nicht gelingt. Ob auch umgekehrt die Erreger der Perlsucht Menschen nicht zu inficiren vermögen, ist noch durch weitere Beobachtungen und Untersuchungen zu ermitteln.

Eine erheblich weiter abweichende Art bilden die Erreger der Geflügel(Hühner-)tuberculose. Diese wird durch Bacillen verursacht, die vorzugsweise in der Leber wuchern, in Culturen leichter wachsen, hier feuchte, speckige Auflagerungen liefern, und Meerschweinchen nicht inficiren. Andererseits sind Hühner gegen menschliche Tuberkelbacillen nur ausnahmsweise empfänglich.

Starke Veränderungen sollen die Tuberkelbacillen in Kaltblütern (Fischen, Blindschleichen, Fröschen) erfahren; nach längerem Aufenthalt in diesen Thieren sollen Culturen entstehen, die schon bei Zimmertemperatur als zusammenhängender Belag wachsen. Verwechselungen mit einer der im Folgenden beschriebenen Arten sind bei diesen Versuchen nicht immer mit Sicherheit auszuschliessen.

Die Säurefestigkeit der Tuberkelbacillen ist für dieselben nicht ganz specifisch. Sie kommt auch den Leprabacillen, ferner den Smegmabacillen (in geringerem Grade) zu. Ausserdem ist neuerdings eine Gruppe von „säurefesten“ Bacillen bekannt geworden, zu der zahlreiche Arten zu gehören scheinen, welche in Butter, Kuhexkrementen, auf Futtergräsern (Thimotee) und in der Ackererde sehr verbreitet sind. Ihre Aehnlichkeit mit den Tuberkelbacillen erstreckt sich ausser auf die Säurefestigkeit auf das Vorkommen von Verästelungen und Keulenformen in den Culturen (vgl. „Streptothricheen“), und auf Pathogenität gegenüber Meerschweinchen und Kaninchen, gelegentlich gekennzeichnet auch durch das Auftreten tuberkelähnlicher Affektionen. Deutliche Differenzen treten aber sowohl in den Culturen hervor, die sämtlich bei Zimmertemperatur rasch wachsen und zusammenhängende, oft farbige, dicke Auflagerungen bilden; als auch im Thierexperiment, insofern z. B. die Impfung in die vordere Augenkammer beim Kaninchen ohne Erfolg bleibt.

Bacillus Leprae.

Bei allen Formen des Aussatzes finden sich in den erkrankten Organen, z. B. in den Tumoren der Haut und auf den ulcerirenden Schleimhäuten (besonders der Nase), ausserordentlich zahlreiche Bacillen, meist in Gruppen gelagert und oft in eigenthümliche Zellen eingebettet. Die Bacillen messen 8—6 μ, nehmen Farbstoffe auch ohne Alkalizusatz auf, widerstehen aber der Entfärbung in ähnlicher Weise wie die Tuberkelbacillen. In künstlichen Culturen kommt kein Wachsthum, oder höchstens Wachsthum nicht säurefester Bacillen zu Stande, deren Bedeutung zweifelhaft ist. Auch bei Uebertragungen auf Thiere hat man bisher nur ausnahmsweise ein beschränktes Wachsthum der eingebrachten Knoten beobachtet. — Aus der Verbreitung der Bacillen in den erkrankten Organen, aus der Constanz und Ausschliesslichkeit ihres Vorkommens dürfen wir auf ihre ätiologische Bedeutung schliessen.

Fig. 30. Leprabacillen im Unterhautzellgewebe. 500:1.

Bacillus Mallei, Rotz-Bacillus.

Von LOEFFLER in frischen Rotzknoten nachgewiesen. Die Bacillen sind etwas grösser und dicker als Tuberkelbacillen, lassen sich schwierig färben; die gefärbten Bacillen zeigen unregelmässige Lücken; ausserdem lassen sich durch Doppelfärbung Sporen nachweisen. Die Bacillen sind ziemlich leicht cultivirbar, wachsen auf Blutserum in Form von glasigen Tropfen, auf Kartoffelscheiben in Form eines charakteristischen, anfangs gelben, später braunen Belags. Unter 25° findet nur spärliches Wachsthum statt. Mit den Culturen lässt sich bei Thieren typischer Rotz hervorrufen; am empfänglichsten sind Feldmäuse, junge Hunde und Meerschweinchen (Erkrankung der Hoden). — Die Culturen halten sich im trockenen Zustand einige Wochen lebensfähig; bei fortgesetzter Cultur geht die Virulenz der Bacillen verloren. Gegenüber den üblichen Desinfektionsmitteln (Hitze, Kresol) zeigen sie mässige Resistenz. — Auch in Rotzculturen finden sich verästelte Fäden, durch welche die Zugehörigkeit der Bacillen zu den Streptothricheen dargethan wird.

Fig. 31. Rotzbacillen. Schnitt aus einem Rotzknoten. 700:1.

Bacillus Diphtheriae.

Durch Untersuchungen von LOEFFLER ist festgestellt, dass bei diphtherischen Processen, speciell bei der epidemisch auftretenden Rachendiphtherie, stets eine bestimmte Art von Bacillen vorkommt, die nicht sowohl durch ihr culturelles Verhalten als vielmehr durch Form und Lagerung der Einzelindividuen charakterisirt ist. Es sind zwei Stadien zu unterscheiden; die jungen Bacillen, d. h. solche, die auf gutem Nährboden in 5—8 Stunden gewachsen sind; und die älteren Individuen, 9—24 Stunden alt.

Die Gestalt der jungen Individuen ist die eines kurzen Keils, das eine Ende ist häufig deutlich, zuweilen nur andeutungsweise dicker als das andere. Oft zeigt dabei der Bacillus eine leichte Krümmung. Die Lagerung verschiedener Individuen ist fast stets so, dass sie divergiren oder sich kreuzen; in Haufen sind sie regellos durcheinander geworfen, nicht parallel aneinander gereiht. Nicht selten lagern sich die Bacillen in V-Form, oder gar in Y-Form.

Die älteren Individuen sind ähnlich gelagert; der einzelne Bacillus

zeigt aber grössere Länge, stärkere keulige Auftreibung des einen Endes oder beider, manchmal auch Verdickungen an anderen Stellen, oft aber auch Zerfall in einzelne Segmente. Diese Formen entsprechen offenbar einer sehr früh eintretenden Involution. — Die Bacillen sind unbeweglich, bilden keine Sporen. Sie sind mit den gewöhnlichen Färbemitteln (bes. gut mit Fuchsin), ferner auch nach GRAM färbbar.

Die Cultur gelingt leicht bei einer Temperatur über 25° auf verschiedenen Nährböden. Auf Platten von Glycerin-Agar entstehen Colonieen, die bei 60facher Vergrösserung unregelmässig begrenzt und ganz grob gekörnt erscheinen, an verstreuten Schnupftaback erinnernd. Am schnellsten wachsen sie auf LÖFFLER'scher Blutserummischung (3 Theile Serum + 1 Theil Dextrose-Peptonbouillon), die in flachen Schälchen durch Erhitzen auf 100° zum Erstarren gebracht ist, und auf welcher das Untersuchungsmaterial oberflächlich ausgestrichen wird. Schon nach 4—6 Stunden bilden die Diphtheriebacillen kleine graue Tröpfchen. Dieser „elektive" Nährboden kann daher zum Herauszüchten der Diphtheriebacillen aus Gemengen besonders gut benutzt

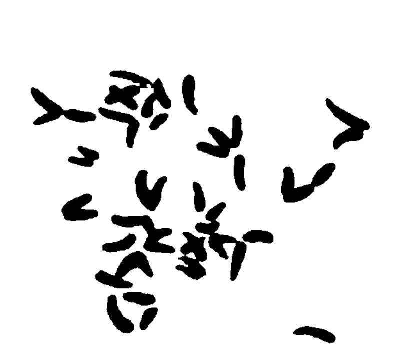




Fig. 32. Diphtheriebacillen, junge Cultur. 800:1.



Fig. 33. Diphtheriebacillen, ältere Cultur. 600:1.



Fig. 34. Diphtheriebacillen, NEISSER'sche Doppelfärbung. 600:1.

werden (s. im Anhang). — In Bouillon wachsen die Bacillen unter anfänglicher Trübung und unter starker Säurebildung; später lagert sich die Cultur als Anflug an Boden und Wand des Gefässes, die Bouillon klärt sich und nimmt alkalische Reaktion an.

Die Resistenz der Bacillen gegen schädigende Einflüsse ist gering. Starkes Eintrocknen, so dass sie in Staubform durch die Luft transportabel werden, tödtet sie ab; in dickeren Schichten und gegen Licht geschützt können sie dagegen Monate lang lebendig bleiben. Hitze und chemische Desinficientien tödten sie sehr rasch ab.

Die Uebertragung der Culturen auf Versuchsthiere gelingt bei Kaninchen, Tauben etc., wenn die Trachea geöffnet und die Cultur auf die Schleimhaut eingerieben wird. Es entstehen dann ausgebreitete Membranen, aber oft auch schwere Allgemeinerscheinungen und bei chronischem Verlauf Lähmungen. Bei Meerschweinchen genügt die subcutane Einimpfung einer kleinen Culturmenge (1 ccm Bouilloncultur), um die Thiere innerhalb 2 Tagen zu tödten; bei der Section finden sich Oedeme, pleuritische Ergüsse, Hyperämie der Nebennieren u. s. w. — In den inneren Organen finden sich, ebenso wie nach tödtlichem Verlauf beim Menschen, meist keine Bacillen, sondern die ganzen

Wirkungen sind auf Rechnung löslicher Gifte zu setzen, die von den lediglich an der Impfstelle gewucherten Bacillen producirt sind.

Für die Verbreitung der Diphtherie ist es von Bedeutung, dass in der Reconvalescenz oft noch mehrere Wochen, in einzelnen Fällen sogar Monate, Diphtheriebacillen im Mundschleim gefunden werden; häufig sind diese Bacillen im Thierversuch avirulent, manchmal bleibt aber die Virulenz erhalten. — Ferner lassen sich auch im Munde gesunder oder von kaum merklicher Angina befallener Menschen (namentlich Erwachsener) aus der Umgebung von Diphtheriekranken häufig Diphtheriebacillen nachweisen.

Pseudo-Diphtheriebacillen, d. h. Bacillen, welche in ihrer Form den Diphtheriebacillen ähnlich sind, werden vorzugsweise in der Nase beobachtet. Sie zeigen nicht so ausgesprochene Keilform, mehr parallele Lagerung und anderes Verhalten bei der Cultur auf Glycerinagar und in Bouillon. Genaueres über ihre Unterscheidung s. im Anhang.

Durch Einverleibung allmählich gesteigerter Dosen von Diphtheriegift kann Thieren ein sehr hoher Grad von Unempfänglichkeit gegen das Diphtheriegift verliehen werden. Das Serum solcher Thiere vermag bei an Diphtherie erkrankten Menschen Schutz gegen die Giftwirkung der Bacillen und damit Heilung der Krankheit herbeizuführen (Behring).

Bacillus Influenzae.

Von Pfeiffer zuerst beobachtet. Aus dem Secret des Nasenrachenraums, besser aus dem eitrigen Kern des zähen, hellgelblichgrünlichen Bronchialsecrets lassen sich bei Influenzakranken Präparate herstellen, in welchen nach Färbung mit dünner Carbolfuchsinlösung Massen von feinen Bacillen zu erkennen sind. Die Bacillen haben etwa die Dicke der Mäuseseptikämiebacillen, sind aber kürzer; sie färben sich zuweilen an den Polen stärker als in der Mitte. Oft findet man in Theilung begriffene Bacillen, die mit Diplokokken verwechselt werden können. In allen Culturen und bei beginnender Involution treten längere Scheinfäden auf. Die Bacillen haben keine Kapseln; keine Eigenbewegung; keine Sporen; sind nicht nach Gram färbbar.



Fig. 35. Bacillen der Influenza. Reincultur. 1000 : 1 (nach Pfeiffer).

Eine Züchtung gelingt nur auf einem Nährsubstrat, das Hämogoblin enthält. Nähragar wird mit Blut oder Hämogoblinlösung bestrichen; und dann wird in Reagensgläser mit diesem Nährsubstrat Bronchialsputum gebracht, das vorher mit Bouillon zur Emulsion verrieben war. Die Influenzabacillen bilden feine Tröpfchen von glasartiger Transparenz. Sie wachsen nur zwischen 27 und 42° und sind streng aërob.

In der Cultur halten sie sich nur 14—18 Tage lebensfähig. Austrocknen in dünnen Schichten tödtet sie rasch; im Auswurf halten sie sich länger lebendig, aber in völlig trockenem, verstäubbarem Sputum sind sie abgestorben.

Versuchsthiere sind für die Infektion unempfänglich; nur bei Affen gelingt es, durch Einbringen von Reincultur in die Nase oder Trachea infektiöse Processe zu erzielen. — Grössere Mengen der Cultur erzeugen bei Kaninchen schwere Intoxicationserscheinungen.

Bei Bronchopneumonie im Kindesalter sind Pseudo-Influenza-Bacillen beobachtet, welche den echten Influenzaerregern in allen Beziehungen ähnlich, aber wesentlich grösser sind und viel häufiger längere Scheinfäden bilden.

Bacillus pestis.

Bei Pestkranken zuerst von Kitasato und Yersin nachgewiesen. Die Bacillen finden sich bei Bubonenpest in der die Infektionsstelle darstellenden Pustel und im Inhalt des künstlich eröffneten Bubo; bei Pestsepsis im Blut; bei Pestpneumonie im Sputum. Es sind kurze, plumpe, unbewegliche, sporenfreie Stäbchen; meist nur an den Polenden die Farbe behaltend, so dass in der Mitte eine ungefärbte Lücke bleibt (vgl. unten die B. der Hühnercholera). Nicht nach Gram färbbar. — Leicht zu züchten, am besten bei 32°, aber auch bei 37° und bei 5° wachsend.

Die Colonieen auf Agar sind wenig charakteristisch; auf Gelatineplatten zeigen sich bei 60facher Vergrösserung warzenförmige Colonieen, die von einer

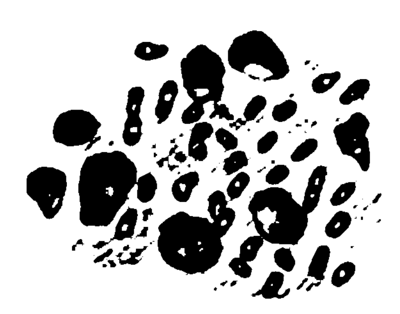


Fig. 36. Ausstrich von Pestbubo. 800:1.



Fig. 37. Involutionsformen der Pestbacillen auf Salzagar 800:1.

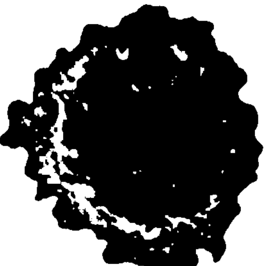


Fig. 38. Pestcolonieen auf erstarrter Gelatine, 100:1.

unregelmässig gezackten, hellen, fein granulirten Randzone umgeben sind. In den Culturen fehlt die Polfärbung; zuweilen entstehen Fäden, unter anderen Verhältnissen Ketten von ganz kurzen Gliedern. Auf Agar mit 1—2% ClNa-zusatz bilden die Bacillen aufgequollene Degenerationsformen, die in ähnlicher Weise bei anderen Bakterien nicht beobachtet werden.

Die Resistenz der Bacillen ist gering. In flugfähigen Staub können sie nicht lebend übergehen; unter schützenden Schichten von Sputum, Schmutz u. dergl. können sie dagegen Wochen und Monate infektiös bleiben. Durch Hitze und Chemikalien werden sie leicht abgetödtet. — Die Infektion mit Culturen gelingt am leichtesten bei Ratten; dieselben sind schon durch Aufstriche auf die Conjunctiva und per os zu inficiren. Meerschweinchen reagiren am besten auf intraperitoneale Einverleibung. Auch Mäuse, Affen u. s. w. sind empfänglich.

Werden Menschen oder Versuchsthieren vorsichtig abgetödtete Culturen (1stündiges Erhitzen auf 65°) subcutan injicirt, so bekommt

ihr Serum specifisches Agglutinirungsvermögen gegenüber Pestbacillen. Solches Serum kann zur Verificirung verdächtiger Culturen benutzt werden. Auch bei vielen Pestkranken zeigt das Blut specifische Agglutination; aber meist erst spät (vom 9. Tage an) und unregelmässig (nur etwa in der Hälfte der Fälle), so dass die Probe zur Feststellung der Krankheit nicht so verwendet werden kann wie bei Typhusfällen die WIDAL'sche Reaction.

Bacillus des malignen Oedems.

Etwas schlanker als Milzbrandbacillen, bildet häufig Fäden, ferner Sporen unter Aufschwellung des Bacillus zum Clostridium; exquisite Anaëroben.

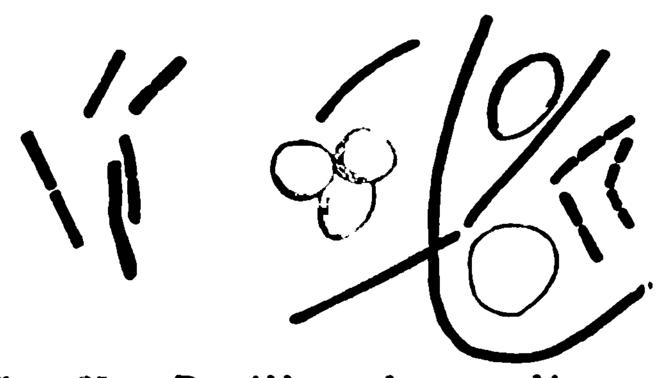


Fig. 39. Bacillen des malignen Oedems; links aus der Milz eines Meerschweinchens, rechts aus der Lunge einer Maus (nach KOCH). 700 : 1.

In unserer Umgebung sind sie sehr verbreitet und vermehren sich wahrscheinlich in Fäulnisssubstraten während der anaëroben Phase der Fäulniss, im Darminhalt der Pflanzenfresser u. s. w. Regelmässig findet man sie in Erde, welche mit Faulflüssigkeit oder Dünger imprägnirt war, z. B. in Garten- oder Ackererde. Bringt man Thieren, namentlich Meerschweinchen, etwas Gartenerde unter die Haut, so entsteht ausgebreitetes Oedem mit starkem, blutig-serösem Exsudat. In diesem, ausserdem auf dem Peritoneum und der Pleura, selten im Inneren der Organe, finden sich die Bacillen. Von den gestorbenen Thieren aus lassen sich Culturen in Gelatine oder Agar anlegen, bei welchen jedoch für vollständige Entfernung des Sauerstoffs gesorgt werden muss. — Beim Menschen erzeugen die Bacillen eine Wundinfektionskrankheit, das rasch zum Tode führende gangränöse Emphysem der Haut.

Bacillus Tetani.

Die Erreger des Wundstarrkrampfes finden sich ähnlich wie die Oedembacillen hauptsächlich in Erde, aber auch im Staub und Kehricht aus unsauberen Wohnungen u. s. w.

Bringt man solche Erde oder Kehricht Versuchsthieren (namentlich Mäusen und Kaninchen) in eine Hautwunde, so entsteht nach 1—2 Tagen ausgesprochener Tetanus, der meist rasch zum Tode führt. Bei der Untersuchung menschlicher Tetanusfälle hat sich gezeigt, dass der Eiter der betreffenden Wunden bei Mäusen und Kaninchen genau die gleichen Symptome hervorruft, wie die Erdimpfung. Ausserdem ist nachweisslich Tetanus beim Menschen sehr oft in Fällen zu beobachten, wo Erde in die Wunde eingedrungen war. Genauere bakteriologische Untersuchungen haben dargethan, dass die gleichen in der Erde und im Stubenkehricht verbreiteten Erreger sowohl den thierischen Impftetanus, als auch den Wundtetanus der Menschen bewirken (inclusive des Trismus neonatorum, bei welchem eine Verunreinigung der Nabelwunde die Schuld trägt). — Die Erreger sind feine gerade, bewegliche Bacillen mit grossen

endständigen Sporen. Sie sind Anaëroben, bilden auf Gelatine in einer H-Atmosphäre Colonieen mit dichtem Centrum und feinem Strahlenkranz; allmählich verflüssigen sie die Gelatine unter Gasentwickelung. Am besten wachsen sie bei 37°. — Die Reinculturen, auf Versuchsthiere übertragen, erzeugen keine Eiterung, nur locale Hyperämie; nach 24—36 Stunden Tetanus. Weder im Blut, noch in den Organen der erkrankten oder gestorbenen Thiere sind die Bacillen nachweisbar. — Das sterile Filtrat von Reinculturen wirkt durch seinen Gehalt an specifischem Giftstoff (Tetanotoxin) gleichfalls tetanisirend auf Versuchsthiere und zwar schon in Dosen von 0,1 Milligr. des Filtrats und weniger (vgl. S. 45).



Fig. 40. Tetanusbacillen, sporentragend, aus Agarcultur (nach KITASATO). 1000 : 1.

Nur für gewisse Thierracen pathogene Bacillen.

Bacillus des Rauschbrands, einer Krankheit, welche unter dem Rindvieh grosse Verheerungen anrichtet. Die Bacillen sind denen des malignen Oedems ähnlich, auch in Bezug auf Anaërobiose, haben aber weniger Neigung zu Fadenbildung, und die spindelförmig aufgetriebenen Bacillen haben die Sporen nahe dem Ende. Meerschweinchen sehr empfänglich, Kaninchen wenig. Die Virulenz der Bacillen lässt sich in den Culturen graduell abschwächen (Schutzimpfung).

Bacillus des Schweinerothlaufs. Aeusserst feine, kurze Bacillen 0·6—0·8 μ lang und etwa 0·2 μ dick. Finden sich in grosser Menge im Blute und in den Capillaren aller Organe von an Rothlauf verendeten Schweinen.

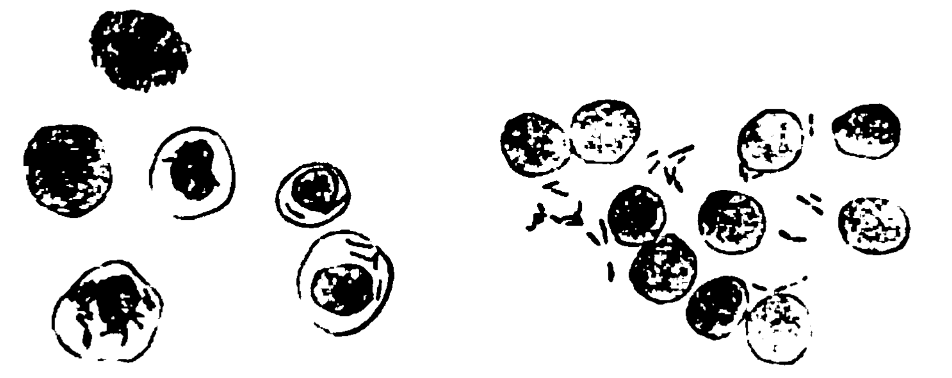


Fig. 41. Bacillen der Mäuseseptikämie (nach KOCH). 750 : 1. Links weisse Blutkörperchen mit Bacillen; rechts rothe Blutkörperchen mit zwischengelagerten Bacillen.



Fig. 42. Bacillen der Kaninchenseptikämie aus Sperlingsblut (nach KOCH). 700 : 1.

Oft liegen sie in Leukocyten des Blutes, welche unter dem Einfluss der Bacillen zu zerfallen scheinen. Sie wachsen leicht in Nährgelatine. Die Colonieen auf Platten erscheinen als rundliche, weisse Trübungen der Gelatine; auch im Stich entsteht nur eine zarte, wolkige Trübung. — Sehr ähnlich sind die Bacillen der sogenannten Mäuseseptikämie, die man nicht selten erhält, wenn man Mäuse mit beliebigen Faulflüssigkeiten impft.

Bacillus der Kaninchenseptikämie und der Hühnercholera. Kurze, nur an den Polen sich färbende Bacillen, ähnlich den Pestbacillen. Wachsen leicht auf den verschiedensten Nährsubstraten; tödten Mäuse, Kaninchen, Tauben u. s. w. nach Einimpfung der minimalsten Culturmengen. Auch bei der sogenannten Schweineseuche und bei der Wildseuche sind ähnliche Bakterien beobachtet, die vielleicht sämmtlich einer Art angehören, vielleicht aber verschiedene Racen darstellen.

Saprophytische Bacillen.

Manche sind nicht harmlos, sondern können, wenn sie in grösserer Menge subcutan oder intravenös in den Thierkörper gelangen, entweder durch Toxinwirkung (Bakterienproteïn) schädigen oder zur Wucherung gelangen.

Zunächst seien einige chromogene Arten erwähnt:

Bacillus prodigiosus. Wächst in schön roth gefärbten Colonieen und wird vielfach zu Experimenten benutzt; früher als Micrococcus bezeichnet; doch kommen neben kugeligen Gliedern deutliche Langstäbchen und Fäden vor. Bacillus pyocyaneus, im grünblauen Eiter enthalten; mehrere Varietäten. Kleine bewegliche Bacillen, wachsen in Gelatine unter Produktion eines blaugrünen Farbstoffes und unter Verflüssigung. Bildet giftige Stoffwechselprodukte und vermag sich im Körper mancher Thiere (Kaninchen, Meerschweinchen) zu vermehren. Bacillus der blauen Milch. Längere Bacillen, liefern in der Gelatine, welche nicht verflüssigt wird, und in nicht gesäuerter Milch einen graubraunen Farbstoff, der bei sauerer Reaktion in einen tiefblauen übergeht.

Ferner verschiedene Gährungserreger: Milchsäure- und Buttersäureerreger s. S. 48 und unter „Milch".

Unter den zahlreichen Fäulnissbacillen sei hervorgehoben: Proteus vulgaris. Bacillen, welche mit Verflüssigung der Gelatine wachsen und unter gewissen Bedingungen schwärmende Colonieen auf den Platten bilden. Kann unter besonderen Bedingungen, namentlich unter Beihülfe oder nach Vorbereitung durch andere Bakterien, im Lebenden wuchern, z. B. auf der Rachenschleimhaut. — Eine Abart, der B. proteus fluorescens ist für Tauben und Mäuse pathogen und beim Menschen der Erreger der sog. Weil'schen Krankheit. — Bacillus phosphorescens. Auf Fischen, Fleisch, in Salzwasser, aber auch in Nährgelatine wachsend. Die Culturen leuchten intensiv im Dunkeln. Mehrere Arten oder Varietäten. — Ohne bekannte Gährungserregung ist: Bacillus subtilis, der sogenannte Heu-Bacillus. Ebenfalls eine aus mehreren Arten und Varietäten bestehende Gruppe. Enorm verbreitet, in grosser Menge im Heustaub. Morphologisch dem Milzbrand-Bacillus einigermaassen ähnlich, aber durch seine Beweglichkeit, sein Wachsthum in Gelatine u. s. w. unterschieden. Die Sporen sind noch erheblich resistenter als die Milzbrandsporen; daher erhält man Bacillen aus dieser Gruppe häufig als Verunreinigung von Substraten, welche ungenügend sterilisirt sind. Viele Arten peptonisiren das Kaseïn der Milch und einige liefern Toxine, welche Versuchsthiere nicht nur nach intravenöser Injektion, sondern auch nach Verfütterung der Bacillen tödten. Die giftige Substanz ist in den Bakterienkörpern enthalten (s. unter „Milch").

3. Spirillen.

Spirochaete Obermeieri, Recurrens-Spirillen.

Finden sich im Blut der an Febris recurrens Erkrankten, jedoch nur während der Fieberanfälle; niemals in den Exkreten. Lange, wellige Fäden mit 10—20 Schraubenwindungen, lebhaft beweglich. Leicht färbbar, nicht nach Gram. Ausserhalb des Körpers behalten sie in

physiologischer Kochsalzlösung noch mehrere Stunden ihre Beweglichkeit, Vermehrung tritt aber weder hier noch in anderen künstlichen Culturen ein. Spirillenhaltiges Blut auf Affen oder Menschen übertragen ruft Febris recurrens hervor; von Spirillen freies Blut ist wirkungslos. — Die natürliche Verbreitung unter den Menschen erfolgt vermuthlich durch Vermittelung von Flöhen und Wanzen.

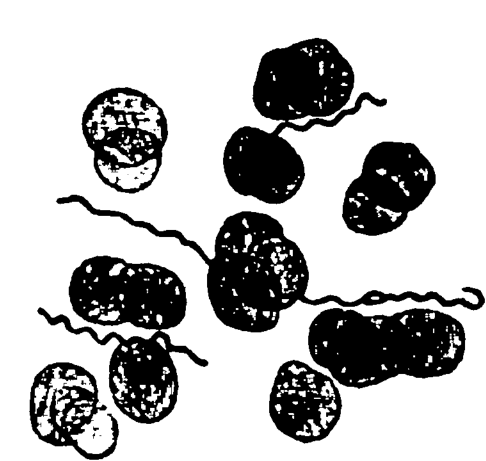


Fig. 48. Recurrensspirillen im Blut, 500:1.

Spirillum Cholerae asiaticae.

Von Koch 1883 entdeckt. In akuten Fällen asiatischer Cholera können die Spirillen regelmässig aus den Entleerungen des Kranken oder aus dem Darminhalt der Leiche gezüchtet werden; weniger leicht, aber dennoch sicher gelingt der Nachweis in den späteren Entleerungen eines langsam verlaufenden Falles; nicht mehr auffindbar sind sie oft in dem auf den eigentlichen Choleraanfall folgenden Typhoïd. Niemals werden in den Organen Choleraspirillen gefunden; ihre einzige Wohnstätte ist der Darm; und von da dringen sie höchstens in die obersten Schichten der Darmschleimhaut ein. — Durch directe mikroskopische Untersuchung gelingt der Nachweis weniger sicher als durch die Cultur auf Gelatineplatten. Auch ganz vereinzelte Choleracolonieen lassen sich nachweisen, wenn man Schleimflöckchen aus den Dejekten untersucht. — Ist die Zahl der Choleracolonieen gering, so stösst das Herausfinden derselben aus den Colonieen der übrigen darmbewohnenden Bakterien auf Schwierigkeiten. In dem Fall bringt man zunächst einige Schleimflöckchen in Reagensgläser mit alkalischer 2 $^0/_0$ iger Peptonlösung und hält diese bei 37°. Nach 8 Stunden sind dann die Kommabacillen in grösserer Zahl an der Oberfläche angehäuft, und von da aus angelegte Gelatineplatten lassen zahlreiche Colonieen erkennen. (Genaueres s. im Anhang.)

Durch dieses Verfahren sind von guten Beobachtern die Choleraspirillen ausnahmslos in jedem typischen Cholerafall jeder seither aufgetretenen Epidemie nachgewiesen; auch bei zahlreichen leichten diarrhoeischen Erkrankungen, die während einer Choleraepidemie vorkommen. Vom Tage der Erkrankung ab sind sie meistens 8—10 Tage lang, in vereinzelten Fällen bis zu 23 Tagen in den Dejektionen nachweisbar. — Dagegen hat man niemals beim normalen Menschen oder während irgend einer anderen Krankheit, oder irgendwo in unserer Umgebung zu cholerafreier Zeit die gleichen Spirillen auffinden können; diese Constanz und Ausschliesslichkeit des Vorkommens lässt keine andere

Erklärung zu, als die, dass die Spirillen die Erreger dieser Krankheit darstellen.

Die Choleraspirillen erscheinen meist in der Form kurzer, schraubenförmig gekrümmter Stäbchen; an den jüngsten Individuen ist die Krümmung kaum sichtbar, später werden nicht selten lange Schrauben von 10—20 Windungen und mehr gebildet. Sie führen lebhafte, theils drehende, theils vorwärts schiessende Bewegungen aus und zwar mit Hülfe eines am einen Ende haftenden Geisselfadens. In späteren Stadien kommt es leicht zur Bildung von Involutionsformen; theils quellen die Stäbchen, theils zerfallen sie unter Bildung von Kügelchen.

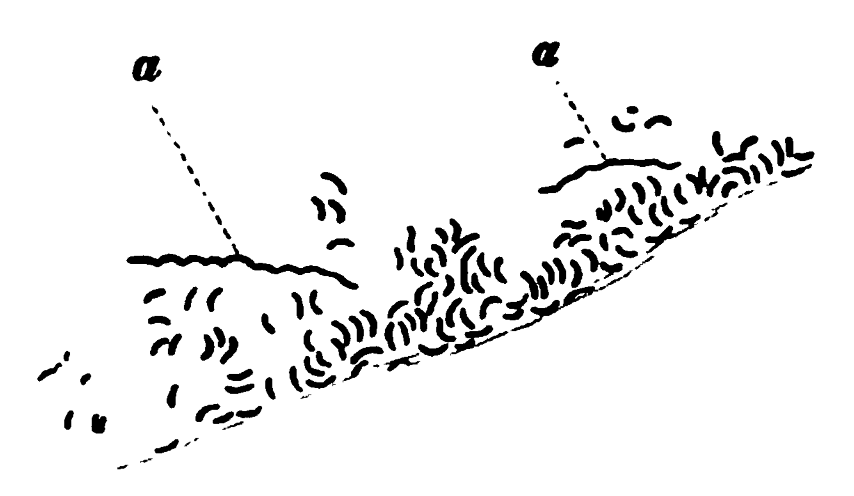


Fig. 44. Choleraspirillen in Fleischbrühe meist Kommaformen, bei *a* lange Spirillen (nach Koch). 600:1.

Auf Gelatineplatten bilden sie nach 24 Stunden kleinste Colonieen, welche bei 60facher Vergrösserung als helle, fast farblose Scheiben mit gebuchtetem welligen Contour und glänzend-höckeriger Oberfläche erscheinen. Am zweiten Tage beginnt Verflüssigung der Gelatine, die aber langsam fortschreitet und sich nicht weiter als 1—2 mm von der Colonie aus erstreckt. Stichculturen in Gelatine zeigen Anfangs nur eine weissliche Trübung entlang dem Stichcanal, dann bildet sich eine dünne, mit Flüssigkeit gefüllte Röhre aus, welche sich nach oben etwas erweitert, aber in den ersten Tagen nie bis zum Glasrande vorschreitet; erst nach 8—14 Tagen erstreckt sich die Verflüssigung über den ganzen oberen Theil der Gelatine.

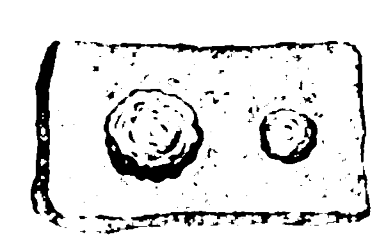


Fig. 45. Choleracolonieen, 60:1.

Auch auf anderen Nährsubstraten wachsen die Choleraspirillen leicht, auf Kartoffeln nur bei höherer Temperatur von 30—35° in Form einer graubraunen Auflagerung. In Milch vermehren sie sich lebhaft ohne sichtbare Veränderung, namentlich ohne Coagulation der Milch.

Setzt man zu einer 12 Stunden alten Cultur in peptonhaltiger Bouillon einige Tropfen Schwefelsäure, so entsteht innerhalb der nächsten 30 Minuten eine schöne, rosa violette Färbung (Choleraroth). Die Reaktion kommt dadurch zu Stande, dass die Choleraspirillen Indol und salpetrige Säure als Stoffwechselprodukte liefern, während andere Bakterien gewöhnlich nur entweder Indol oder salpetrige Säure bilden; sie ist jedoch nicht völlig charakteristisch für die Choleraculturen, da einige Bakterien und auch einzelne Vibrionen dieselbe Farbenreaktion zeigen.

Die Choleraspirillen halten sich bezw. wachsen noch in Wasser mit geringen Mengen organischer Stoffe. — 0·1 Procent freier Säure und 0·2 Procent Aetzkali genügen zu ihrer Abtödtung. Die untere Temperaturgrenze, von welcher ab sie bei künstlicher Cultur gedeihen, liegt bei 16°, reichliche Vermehrung erfolgt erst zwischen 22 und 25°; das Temperatur-Optimum liegt bei 35°. Hitze von 60° tödtet sie bei 10 Minuten langer Einwirkung; dasselbe wird erreicht durch kurz dauerndes Aufkochen einer Flüssigkeit. Durch 2 Procent Carbolsäure oder 1:2000 Sublimatlösung werden sie binnen wenigen Minuten getödtet.

Sehr empfindlich sind die Choleraspirillen auch gegen das Austrocknen; in dünner Schicht völlig getrocknet, sind sie bereits nach 2—24 Stunden nicht mehr lebensfähig. Durch trockene Gegenstände oder auch durch Luftströmungen können daher die Choleraspirillen nicht verbreitet werden. In dicken Schichten, z. B. in Agarculturen können dagegen noch nach Monaten lebensfähige Individuen gefunden werden. — An der menschlichen Hand sind die Cholerabacillen binnen 2 Stunden, auf Papier binnen 24 Stunden, auf trockenen Waaren und Nahrungsmitteln binnen 24 Stunden, auf feucht aufbewahrten Nahrungsmitteln binnen 8 Tagen abgestorben. In Wasser können sie unter Umständen über 8 Tage, in feuchter Wäsche über 14 Tage lebendig bleiben.

Bei Thieren lässt sich eine der menschlichen Cholera ähnliche Erkrankung bei ganz jungen Kaninchen, Katzen und Hunden reproduciren. Eine Art Infektion gelingt bei Meerschweinchen dadurch, dass man ihnen zunächst Opiumtinktur in die Bauchhöhle, dann erst Sodalösung (zur Neutralisirung des Magensaftes) und darauf Choleracultur in den Magen injicirt. — Ferner entsteht durch Injectionen von Cultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen heftige Toxinwirkung, die sogenannte Meerschweinchencholera, gekennzeichnet durch rapiden Temperaturabfall, allgemeine Muskelschwäche, partielle Muskelkrämpfe, Lähmung der Centren der Cirkulation und der Temperaturregulirung, so dass in wenigen Stunden Collaps und Tod eintritt. Von einer vollvirulenten Cultur auf Agar bei 37°, die nicht älter als 18 Stunden ist, genügt $^1/_{12}$ Platinöse (1 Oese = 2 mg Culturmasse, enthaltend 200 Millionen lebende Individuen) zur tödtlichen Wirkung. — Zahlreiche andere Bakterien erzeugen durch ihre Proteïne ähnliche Krankheitserscheinungen; jedoch ist durch die PFEIFER'schen Immunisirungsversuche der specifische Charakter der Wirkung der Cholerabakterien erwiesen. Werden nämlich Versuchsthiere (Meerschweinchen, Ziegen) mit steigenden Dosen Choleracultur vorbehandelt, so erlangen sie eine specifische Immunität gegen Cholera, nicht aber gegen andere Bakterien bezw. ähnliche Vibrionen; und umgekehrt schützt Vorbehandlung mit anderen Bakterien die Thiere nur unvollkommen und vorübergehend gegen Cholerainfektion. — Dem Blutserum solcher gegen Cholera immunisirter Versuchsthiere kommt agglutinirende Wirkung specifisch für Cholerabakterien zu; ferner zeigt solches Blutserum die Fähigkeit, Cholerabakterien rasch aufzulösen, wenn es mit der Cultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen gebracht wird.

Die gleiche Wirkung hat auch das Serum von choleraeconvalescenten Menschen; ein weiterer Beweis für die ätiologische Bedeutung der Cholerabacillen (vgl. Kap. X und im Anhang).

Uebertragungen von Choleracultur auf Menschen haben theils aus Unachtsamkeit, theils absichtlich mehrfach stattgefunden (Selbstinfektionsversuche von v. PETTENKOFER und EMMERICH, METSCHNIKOFF, STRICKER u. A.). Der Erfolg war das Auftreten leichter, schwerer und z. Th. sehr schwerer Choleraerkrankungen. Ein Fall von zufällig im Laboratorium acquirirter Cholera verlief tödtlich.

Dem Choleravibrio ähnliche Spirillenarten.

Am längsten bekannt sind die von FINKLER und PRIOR bei Cholera nostras gefundenen Spirillen. Dieselben verflüssigen die Gelatine energischer, wachsen anders auf Kartoffeln und zeigen kleine morphologische Differenzen gegenüber den Choleraspirillen. Sie finden sich fast nie im Darm normaler und kranker Menschen, werden auch bei Cholera nostras neuerdings stets vermisst und sind also für die Aetiologie dieser Krankheit sowohl, wie für die Cholera asiatica bedeutungslos. — Ferner Spirillum tyrogenum, in Käse gefunden, den Choleraspirillen ähnlich, aber durch das Wachsthum auf Kartoffeln, in Milch und durch das Thierexperiment leicht zu unterscheiden. — Vibrio Metschnikoff, in den Colonieen den FINKLER'schen Spirillen, zuweilen aber, namentlich in den Stichculturen, den Choleravibrionen ähnlich; von letzteren hauptsächlich unterschieden durch die Virulenz des Vibrio M. gegen Tauben, die gegenüber der Cholera wenig empfänglich sind, nach Impfung mit Vibrio M. aber an schwerer Septikämie mit Massen von Bakterien im Blut und in den Organen erkranken. V. M. ist vermuthlich identisch mit einem im Nordhafen in Berlin gefundenen und als V. Nordhafen bezeichneten Bakterium. — Als wesentlichste Fundstätte der verschiedensten Spirillenarten ist die Düngerjauche (und der Schweinekoth) bekannt geworden. Von da gelangen dieselben in das Wasser von Bächen und Flüssen, und in diesem findet man namentlich im Spätsommer und Herbst eine reiche Ausbeute an choleraähnlichen Vibrionen. Mehr als 30 Arten und Varietäten, von denen manche ausser durch ihre Herkunft sich nur durch die Phosphorescenz der Culturen und durch geringe Ab weichungen im Aussehen der Colonieen auf Gelatine von Choleravibrionen unterscheiden, sind in den letzten Jahren beschrieben.

IV. Streptothricheae.

Eine Gruppe von Mikroorganismen, die zwischen den Fadenpilzen und den Spaltpilzen steht. In den Culturen können manche Arten Mycelien und Fruchthyphen mit Sporenketten bilden, so dass sie mit Schimmelpilzen die grösste Aehnlichkeit haben. Mikroskopisch sind aber die Fäden oft von Bacillenfäden nicht zu unterscheiden, nur dass sie echte Verästelung zeigen; und die Fäden zerfallen häufig in bacillen- und kokkerartige Glieder, die auf frischem Nährsubstrat zunächst nur durch Theilung sich vermehren. — Vielfach entstehen ausserdem durch Vergallertung der Membran der Fäden keulenförmige Anschwellungen, die als Degenerationsprodukte aufzufassen sind.

Zahlreiche Arten; die meisten sind saprophytisch weit verbreitet,

nicht selten kommen aber auch pathogene Wirkungen (nekrotisirende und granulirende Processe) durch Streptothricheen zu Stande. Die Diphtheriebacillen, Rotzbacillen, Tuberkelbacillen, sowie die den letzteren nahestehenden säurefesten Bakterien müssen wegen der in ihren Culturen beobachteten echten Verästelungen und Keulenbildungen eigentlich den Streptothricheen oder gar den Fadenpilzen eingereiht werden. Da sie aber in dem uns interessirenden menschlichen Material nur in Bacillenform vorkommen, werden sie aus praktischen Gründen zweckmässiger bei den Bacillen besprochen.

Als Hauptvertreter der Streptothricheen ist anzusehen:

Der Actinomyces oder Strahlenpilz.

Bewirkt beim Menschen die verschiedenartigsten Abscesse und Eiterungen und wird besonders häufig beim Rindvieh als Ursache von Abscessen in Zunge und Kiefer beobachtet. Im Eiter derartiger Abscesse findet man gelbe Körnchen, die auf leichten Druck in einzelne Pilzrasen zerfallen. Letztere bestehen aus hyphenähnlichen gablig verzweigten Fäden, die von einem Centrum radiär ausstrahlen und nach der Peripherie zu in keulenartige Anschwellungen auslaufen. — Zuweilen findet man solche Actinomyces-Drüsen in den Krypten der Tonsillen, ohne dass Krankheitserscheinungen sich daran knüpfen.

Die Erfahrungen über das Vorkommen der Actinomyces-Erkrankungen lassen darauf schliessen, dass der Pilz an vegetabilischen Nahrungsmitteln zu haften vermag und zuweilen mit diesen (Getreidegrannen) in den Körper eindringt. Als Eintrittswege beim Menschen betrachtet man vorzugsweise Verletzungen der Mundschleimhaut und cariöse Zähne; ferner die Lunge, wesentlich nach Aspiration von Keimen aus der Mundhöhle; in selteneren Fällen den Darm oder Verletzungen der Haut.

Fig. 46. Actinomyces. 700:1.

Culturen gelingen auf den verschiedensten Substraten, auf Agar, Blutserum, Kartoffeln (Boström). Impfversuche an Thieren hatten noch kein unzweifelhaftes Ergebniss.

Bemerkenswert ist, dass Culturen von Tuberkelbacillen, von den diesen verwandten säurefesten Bakterien und von Rotzbacillen nach gewisser Einverleibung in Thiere, z. B. Injektion in die Niere, Bildungen liefern, die dem Strahlenpilz gleichen. Vielleicht liegt auch den natürlich vorkommenden Actinomyceserkrankungen nicht immer derselbe Erreger zu Grunde.

Streptothrix Israeli. Aus 2 Fällen von Actinomykose beim Menschen isolirt. Wachsen nur anaërob auf Agar, in Eiern u. s. w. Zeigen in den Culturen vorzugsweise Stäbchen, die den Diphtheriebacillen ähnlich sind. Durch intraperitoneale Uebertragung der Culturen konnten bei Kaninchen und Meerschweinchen Tumoren mit Actinomycesdrusen hervorgerufen werden. — Ferner sind zu erwähnen: Streptothrix Madurae, Erreger des sog. „Madurafusses". — Streptothrix alba, häufig in Luft und Wasser, wächst auf Gelatine aërob unter Verflüssigung und mit reichlicher Bildung von Luftfäden.

Angereiht sei hier eine Gruppe von Mikroorganismen, deren einfachste Elemente die verschiedenen Wuchsformen der Spaltpilze aufweisen, die aber dadurch, dass diese Elemente zu Verbänden von relativ bedeutender Grösse vereinigt sind, theils gewissen Algen, theils Fadenpilzen nahestehen.

Dahin gehört:

1) Die Gattung Cladothrix; Fäden, deren einzelne Elemente durch die Möglichkeit der Eigenbewegung und das Vorkommen einer echten endogenen Sporenbildung sich als Bacillen ausweisen. Charakterisirt durch falsche Astbildung; zwei in ihrem Verband gelockerte Bacillen wachsen jeder für sich weiter und die beiden Fäden bleiben dann an der Ursprungsstelle eine Strecke mit einander in Berührung. — Häufig in verunreinigten Wässern. Auch in reineren Brunnenwässern kommt oft eine Cladothrixart vor, welche die Gelatine in der Umgebung der Colonie braun färbt.

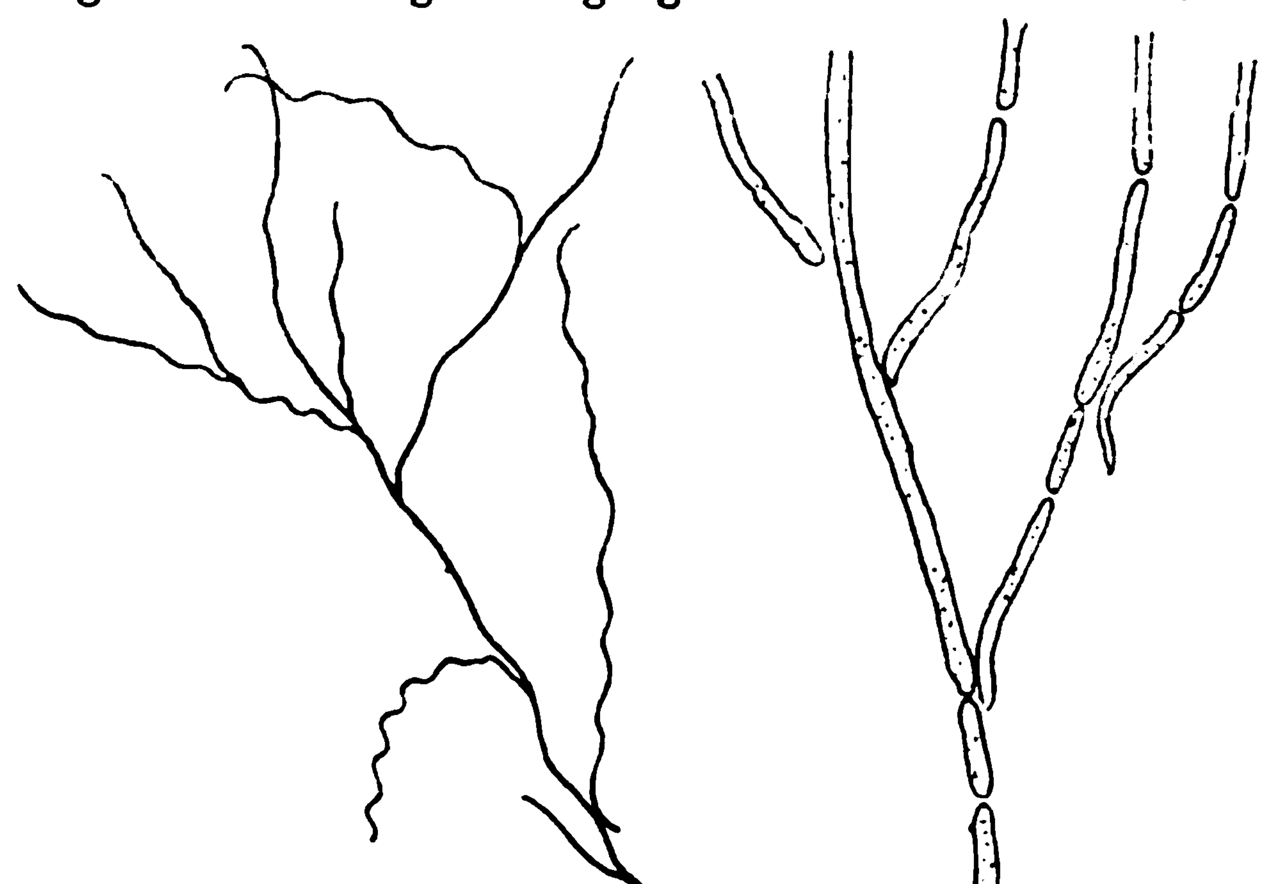


Fig. 47 a u. b. Cladothrix dichotoma, a 100:1, b 500:1.

2) Gattung Crenothrix. Fäden, welche an festem Substrat haften; der Inhalt der Fäden theilt sich innerhalb der umgebenden Scheide in kurze Querstücke und diese zerfallen in kleinere runde Segmente; aus solchen kugeligen Elementen können neue Fäden hervorwachsen. — Häufig in Brunnen und in Wasserleitungsröhren, besonders wenn das Wasser eisenhaltig ist.

3) Gattung Beggiatoa. Der vorigen morphologisch ähnlich. In den

Zellen finden sich Einlagerungen von Schwefel in Form stark lichtbrechender Körper. — Vielfach in Fabrikabwässern.

Die beiden vorgenannten Gattungen gehören dadurch, dass sie ein ausgesprochenes Spitzenwachsthum zeigen, sowie durch ihre Vermehrungsverhältnisse zu den Spaltalgen.

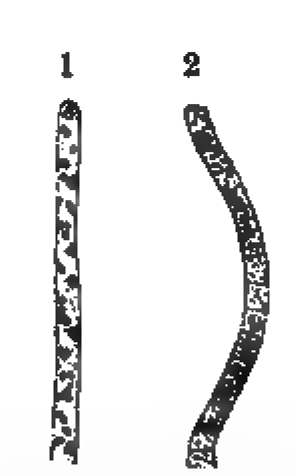


Fig. 48. Kleine Rasen von Crenothrix polyspora nach F. Cohn. 350:1.

Fig. 49. Beggiatoa alba nach Winogradsky. 600:1. 1. Mit Schwefelkörnern, 2. Faden, der seinen Schwefelinhalt verbraucht hat, mit deutlichen Scheidewänden.

Literatur: C. Flügge, Die Mikroorganismen, 3. Aufl., 1896. — Lehmann & Neumann, Atlas und Grundriss der Bakteriologie, 2. Aufl. 1899. — C. Fränkel Grundriss der Bakterienkunde, 3. Aufl., 1890. — Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie, 4. Aufl. — Heim, Lehrbuch der bakteriologischen Untersuchung und Diagnostik, 1894. — Hueppe, Die Methoden der Bakterien-Forschung, 5. Aufl. — Fränkel und Pfeiffer, Mikrophotographischer Atlas der Bakterienkunde, 1889—92. — Loeffler, Vorlesungen über die geschichtliche Entwickelung der Lehre von den Bakterien. — Baumgarten, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den pathogenen Mikroorganismen, von 1885 an.

V. *Protozoën.*

Mit diesem Namen bezeichnet man die niedersten (einzelligen) thierischen Lebewesen. Eine scharfe Abgrenzung derselben gegenüber den einfachsten Pflanzen ist unmöglich, und so kommt es, dass einzelne Formengruppen bald diesem, bald jenem Reiche zugerechnet werden. Dies gilt besonders von den Myxomyceten oder Mycetozoën, den Schleimpilzen oder Pilzthieren, sowie von den Chytridiaceen. Namentlich die letzteren haben für uns ein gewisses Interesse, da sie eine parasitische Lebensweise, und zwar meist in höheren oder niederen Pflanzen führen. Nur im Jugendstadium bewegen sie sich frei als mit einer Geissel versehene protoplasmatische Körper, dringen dann nach Verlust ihrer Geissel unter amöboiden Formveränderungen in ihre Wirthszellen ein und gelangen innerhalb derselben zum Wachsthum und schliesslich durch successiv wiederholte Zweitheilung (Sporenbildung) zur Vermehrung.

Als eigentliche Protozoën kann man mit Bütschli vier Klassen einzelliger Organismen bezeichnen: die Sarcodinen, Mastigophoren, Infusorien und Sporozoën.

In allen vier Klassen der Protozoën giebt es parasitische Vertreter, die Sporozoën interessiren uns aber hauptsächlich, weil sie durch-

aus auf das Leben als Schmarotzer angewiesen sind. Künstliche Züchtung ist bei allen diesen Formen, im Gegensatz zu dem, was wir bei den pflanzlichen Parasiten gesehen haben, noch nicht gelungen.

1. Sarcodina (Rhizopoden).

Meist einfache Protoplasmaklümpchen ohne Differenzirung. Amöboide Fortbewegung durch Aussenden und Einziehen von Pseudopodien. Vermehrung durch Zweitheilung; oder Sprossung; oder Sporulation. Letztere geschieht durch successiv erfolgende wiederholte Zweitheilung, so dass der Inhalt der Zelle schliesslich in eine grössere Anzahl von Tochterzellen zerfällt, die frei werden und im Jugendzustand entweder eine Geissel tragen oder sich nur amöboid bewegen. — Können in Pflanzen und Thieren schmarotzen; in letzterem Fall bewohnen sie meistens die Körperflüssigkeiten oder wandern zwischen die Gewebeelemente, seltener in dieselben ein. Dahin gehören:

Amoeba coli. Häufig in normalem menschlichem Stuhl. In Strohinfus züchtbar.

Amoeba dysenteriae. Bei der ägyptischen Dysenterie in den Dejekten und in Schnitten durch die Darmschleimhaut; ferner im Eiter der die Krankheit nicht selten begleitenden Leberabscesse. Die Amöben sind 1 bis 5 mal so gross wie Leukocyten, enthalten Vacuolen und oft Fremdkörper. Züchtung ist nicht gelungen; dagegen die Uebertragung der Krankheit auf Katzen durch Injektion von amöbenhaltigem Stuhl oder Abscesseiter in's Rectum.

Leydenia gemmipara Schaudinn. In der Ascitesflüssigkeit bei Carcinomkranken beobachtet. Grosse mit fettartigen Tropfen und Pigment gefüllte Zellen mit strahlenförmigen Ausläufern. Vermehrung durch Theilung oder Abschnürung von Knospen, die grosse Conglomerate bilden können.

Cytoryctes vaccinae et variolae. Inhalt von menschlichen Pockenpusteln oder von Kuhpocken bezw. menschlichen Impfpusteln erzeugt bei vorsichtiger Einbringung unter die oberen Schichten der Hornhaut bei Kaninchen (und anderen Thieren) in den Hornhautzellen kleine, die Kernfärbungen annehmende rundliche Einlagerungen, die sog. Vaccinekörperchen (Guarnieri). Durch abgeschabte Theilchen der Hornhaut lässt sich derselbe Process immer wieder bei neuen Kaninchen hervorrufen. Nach vielfachen (46) Uebertragungen war die Einimpfung von Abschabseln der Hornhaut auf Kälber und auf Kinder erfolgreich, so dass diese gegen spätere Impfungen mit animaler oder humanisirter Lymphe immun waren (v. Wasiliewski). Andere Substanzen oder unwirksam gewordene Lymphe ruft die Vaccinekörperchen nicht hervor. Muthmasslich sind letztere organisirte Gebilde, an denen

Fig. 60. Cytoryctes vaccinae. Vaccinekörperchen in Hornhautepithelzellen. 300:1 (nach v. Wasiliewski).

Einige auch amöboide Bewegungen gesehen haben wollen, und deren Zahl mit dem Alter des Impfstichs deutlich zuzunehmen scheint. Manche sehen daher in dem „Cytoryctes“ den Erreger der Variola und Vaccine. Andere halten den eigentlichen Erreger für noch unbekannt und unsichtbar, und erklären das regelmässige Enstehen der Vaccinekörperchen nur aus einer specifischen Beeinflussung der Hornhautzellen durch das Virus der Pocken bezw. Kuhpocken.

2. Mastigophora (Flagellaten).

Während der Hauptperiode des Lebens durch Geisseln beweglich; daneben Bewegung durch Pseudopodien. Vermehrung durch Zweitheilung, zuweilen auch Sporulation.

Im Magendarmcanal bei Menschen und Thieren, im Vaginalsekret u. s. w.: Cercomonas, mit einer Geissel; Trichomonas (intestinalis und vaginalis, erstere Art erheblich kleiner) mit drei Geisseln und einer undulirenden Membran; Megastoma mit napfförmig ausgehöhltem Körper und sechs Geisseln.

Im Blutplasma von Ratten und Hamstern: Herpetomonas Lewisii, zugespitzter, 20 bis 30 μ langer Körper mit Geissel von der Länge des Körpers. Vermehrung durch Längstheilung. Bewirkt keine ausgesprochenen Krankheitserscheinungen.

Trypanosoma sanguinis, bis 80 μ lang, mit Geissel und undulirender Membran, im Blut von Fröschen, Schildkröten, Fischen, im Darm der Auster u. s. w.

Trypanosoma Evansi, 15 bis 20 μ lang, mit dickem Kopf, zarter undulirender Membran und Geissel. Ruft eine bei Pferden, Kameelen, Rindern durch Fieber und Anämie zum Tode führende Krankheit hervor, die in Indien und Birma als Surra, in Afrika als Nagana oder Tsetsefliegen-Krankheit bekannt ist. Die natürliche Verbreitung scheint nur durch die Tsetsefliege zu erfolgen.

3. Infusoria.

Ausgebildete, mit Wimpern besetzte Cuticula, Ekto- und Entosark. Vermehrung durch Zweitheilung oder Sporulation. Leben im Wasser, einige schmarotzen im Darm von Thieren. Beim Menschen (vorzugsweise in diarrhoeischen Stühlen) häufiger beim Schwein, findet sich im Darm Balantidium (Paramaecium) coli, etwa 70 μ lang, mit grossem bohnenförmigen Kern und zwei Vacuolen.

4. Sporozoa.

Vermehrung nur durch Sporulation; Sporen meist sichel- oder nierenförmig. Leben ausschliesslich parasitisch. Von den sechs Ordnungen der Sporozoën seien nur kurz erwähnt die:

Sarcosporidia. Miescher'sche Schläuche, Psorospermien der Säugethiere. In den quergestreiften Muskeln zwischen und innerhalb der Primitivbündel als lange Schläuche mit Massen von Sporoblasten (Muttersporen) bezw. sichel- bis nierenförmigen, stark lichtbrechenden Sporen. Häufig bei Pferden, Rindern, Schafen, Mäusen, selten beim Menschen. Als Eingangspforte des Parasiten, der wenig Störungen hervorruft, wird der Verdauungstractus angesehen. Künstliche Infektionen sind misslungen.

Myxosporidia. Leben als Amöben in Körperflüssigkeiten und im Gewebe (Epithel der Kiemen, Gallen- und Harnblase) ihrer Wirthe; als letztere fungiren vor allem Fische, unter denen die Parasiten Epizootien hervorrufen können. An einzelnen Punkten des Leibes erfolgt Bildung eigenthümlicher Sporen: dieselben enthalten 1—8 ovale, glänzende sog. Polkapseln, die auf Zusatz von Reagentien (Alkali) einen spiralig aufgerollten langen Faden hervorschiessen lassen.

Microsporidia. Psorospermien der Arthropoden. Im Inneren der Gewebe. Bilden kleine glänzende Sporen. Dahin gehören die Erreger der Pebrine der Seidenraupen. Die Sporen des Parasiten, die sog. Cornalia'schen Körperchen, 4 μ lang, 2 μ breit, finden sich in allen Organen der erkrankten Thiere und gehen in die Eier der aus inficirten Raupen entwickelten Schmetterlinge über. Durch die von Pasteur eingeführte „Zellengrainage", mikroskopische Untersuchung der Eier auf Sporen und Ausschluss der inficirten Eier von der Zucht, kann die Weiterverbreitung der Pebrine gehemmt werden.

Coccidida. Bei Mollusken und Vertebraten in fixen Zellen des Wirths, besonders in den Epithelien. Entweder erfolgt in der befallenen Zelle directe Sporulation; die gebildeten sichelförmigen Keime können andere Zellen desselben Wirths befallen und so die Krankheit in diesem ausbreiten; oder es bilden sich nach Encystirung erst hartschalige Muttersporen, und nachdem diese eine Zeit lang ausserhalb des Wirths sich aufgehalten haben, kommt es zum Austritt der freien Sporen, und durch diese zur Infektion eines anderen Wirths, so dass diese indirecte Sporulation die Ausbreitung des Processes auf neue Individuen veranlasst. — Dahin gehört: Coccidium oviforme. Bewirkt kleine, mit blossem Auge sichtbare, gelbliche Knoten in der Leber von Kaninchen, seltener im Darm. In den Epithelzellen der Gallengänge zahlreiche Parasiten, theils direct sichelförmige Sporen liefernd. — Adelea ovata (mit Dauersporen) und Eimeria Schneideri (directe Bildung von Sichelkeimen) im Darm des Tausendfuss. — Clossia octopiana in Organen des Tintenfisches. Clossia soror in der Niere von Schnecken.

Gregarinida. Parasiten von wurmähnlichem Aussehen, meist Darmschmarotzer bei Insecten und Würmern; einzelne auch in anderen Organen, z. B. im Hoden der Regenwürmer. Cuticula, Ekto- und Entoplasma; eigenthümliche Fortbewegung (Gleitbewegung durch Absonderung einer gallertartigen Substanz am hinteren Körperende, die den Körper stielartig vorschiebt). Vermehrung häufig eingeleitet durch Copulation zweier „Gameten" zu einer „Syzygie"; dann Encystirung. Bildung von Muttersporen (der Kahnform wegen „Pseudonavicellen" genannt) und sichelförmigen Tochtersporen (Sporozoïten). Letztere werden erst im Darmsaft eines anderen Wirths frei.

Die wichtigsten menschlichen Parasiten finden sich in der Ordnung

Haemogregarinida (Haemosporidia).

Bei Fröschen, Reptilien, Vögeln und Menschen. Parasitiren in den rothen Blutkörperchen. Bilden in diesen zunächst sehr kleine Einschlüsse, die allmählich wachsen, amöboide Bewegungen zeigen, dabei oft Melanin in sich ablagern. Vermehrung a) durch directe Sporulation im ursprünglichen Wirth (endogene Entwicklung). b) durch Gameten- und Syzygienbildung, dann Produktion von Sporoblasten und Sporozoïten unter Zuhülfenahme eines Zwischenwirths (exogene Entwicklung).

— Bei den meisten Arten ist die endogene oder die exogene Entwicklung nur lückenhaft bekannt.

Von Hämogregarinen bei Kaltblütern seien genannt:

Haemogregarina ranarum (Drepanidium). Häufig in den Blutkörperchen namentlich von Rana esculenta. Die jüngsten, 4 μ langen wurmartigen Parasiten runden sich später allmählich ab und liefern dann directe Sporulation; Zahl und Grösse der rosettenähnlich angeordneten Sporen schwankt erheblich. Daneben finden sich kleinere und grössere langgestreckte Würmchen, theils in den rothen Blutkörperchen, theils frei, deren endogene Sporulation nicht beobachtet ist und die vermuthlich exogen unter Syzygienbildung sich vermehren.

Hämogregarinen bei Eidechsen und Schildkröten. Würmchen von der Länge eines rothen Blutkörperchens oder grösser. Direkte Sporulation in intraglobulär gelagerten Cysten.

Die Hämogregarinen der Warmblüter werden auch als „Malariaparasiten" im weiteren Sinne bezeichnet.



Fig. 51. Froschblutkörperchen mit Drepanidium, 600:1. a. runde Form. b. Sporulation. c. längliche Form.

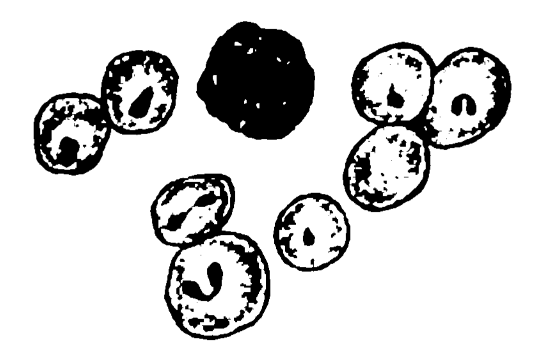


Fig. 52. Blut mit Pyrosoma bigeminum, 600:1.

Zu ihnen rechnen manche Autoren den Parasiten des Texasfiebers, Pyrosoma bigeminum. Die Krankheit verläuft bei Rindern mit hohem Fieber, Anämie und Blutharnen. In den rothen Blutkörperchen findet man sehr kleine, meist zu zweien gelagerte birnförmige Körperchen, 3 μ lang, die mit den spitzen Enden convergiren. Eine weitere Entwicklung im Blute ist nicht beobachtet. Die Uebertragung erfolgt durch eine blutsaugende Zecke (Ixodes bovis); die vollgesogene Zecke fällt von den Rindern ab, deponirt im Boden ihre Eier, die nach 2 bis 6 Wochen auskommenden jungen Zecken kriechen auf neue Rinder und inficiren diese. — Da Sporulation und geschlechtliche Vermehrung für den Parasiten nicht bekannt ist, ist seine Zugehörigkeit zu den Malariaparasiten zweifelhaft.

Zu diesen gehören:

a) Halteridium Danilewskyi.

Findet sich in unserem Klima während des Sommers in zahlreichen Thurmfalken und Buchfinken; in der tropischen und subtropischen Zone auch in Tauben, Sperlingen u. s. w. Selbst bei reichlichem Parasitengehalt zeigen die Vögel wenig Krankheitserscheinungen. Künstliche Uebertragung auf gesunde Vögel misslungen. — In den rothen Blutkörperchen trifft man zahlreiche Parasiten verschiedener Grösse; die älteren bilden lange Würmchen, die sich um den Kern herumlagern, oft in Hantelform, ohne dass der Kern verschoben wird. — Endogene Sporulation konnte nicht beobachtet werden; dagegen die Anfänge der

geschlechtlichen Entwicklung: Untersucht man das Blut nach Mischung mit 1 Theil Serum von Taubenblut und 9 Theilen 0,6 proc. Kochsalzlösung im hängenden Tropfen, so tritt der Parasit aus den Blutkörperchen heraus, die Hantelform geht in Kugelform über; man kann dann mit der ROMANOWSKY'schen Färbung (s. unten) zwei Kategorien von runden Körpern unterscheiden, solche mit blassblauem Plasma und compakter Chromatinmasse, an deren Rand bald 4—8 fadenförmige Gebilde auftreten, die sich losreissen und frei in der Blutflüssigkeit bewegen; und

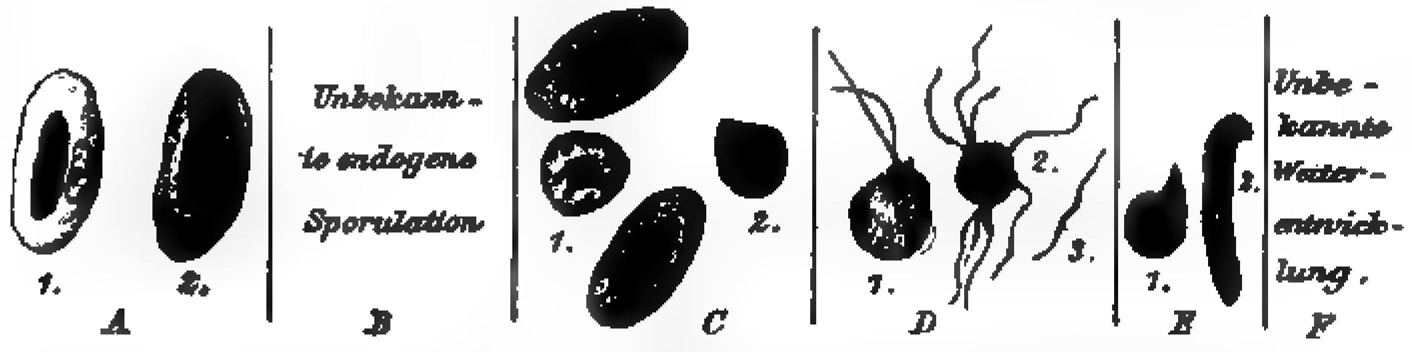


Fig. 53. Entwicklung von Halteridium. 1000 : 1 (nach KOCH).
A = Taubenblutkörperchen mit jungen (1) und älteren (2) Parasiten. C = Frei gewordene Parasiten, 1 = Männchen, 2 = Weibchen. D = Aussendung der Spermatozoën; 1 = zwei aus dem Chromatinkörper hervorgehende Sp.; 2 = Parasit mit vollständig entwickelten Sp.; 3 = abgetrennte Sp. E = Würmchenbildung; 1 = weiblicher Parasit mit beginnender Würmchenbildung; 2 = fertiges Würmchen.

zweitens solche mit kräftig blauem Plasma und aufgelockertem Chromatin. Erstere sind als männliche, letztere als weibliche Gameten anzusehen. Treffen die spermatozoënähnlichen Gebilde auf einen weiblichen Gameten, so entsteht an diesem binnen etwa 20 Minuten eine Vorwölbung, dann ein spitzer Zapfen, aus dem schliesslich ein freies, wenig bewegliches Würmchen hervorgeht. Dieses muss vermuthlich in einem noch unbekannten Zwischenwirth seine weitere Entwicklung durchmachen.

b) Proteosoma Grassii.

Kommt hauptsächlich in südlichen Ländern in Stieglitzen, Sperlingen u. s. w. vor. Verursacht schwere Erkrankung, die sich durch Bluteinimpfung



endogen, im Blut. exogen, in Culex nemorosus.

Fig. 54. Entwicklung von Proteosoma. 1000 : 1 (nach KOCH).
A = Sperlingblutkörperchen mit Parasiten. B = Sporulation. C und D = Freie Parasiten, nehmen sphärische Form an, der männliche mit Spermatozoën. E = Würmchenbildung. F = Cysten in der Magenwand von Culex, secundäre Kugeln mit Sichelkeimen enthaltend. G = Freie Sichelkeime.

und durch gewisse Mücken experimentell auf gesunde Vögel übertragen lässt. Meist findet sich reichlich Halteridium neben Proteosoma im

Blut der Vögel. Letzterer Parasit zeigt nur runde oder ovale Formen; ferner verdrängt er den Kern des befallenen Blutkörperchens, indem er ihn nach einem Pole zu verschiebt und dabei um seine kurze Achse dreht. Bei den herangewachsenen Parasiten tritt Sporulation ein, indem 16 kleine Sporenelemente das im Centrum zusammengezogene Pigment rosettenartig umlagern. Neben dieser endogenen Vermehrung beobachtet man die Anfänge der geschlechtlichen Entwicklung wie bei Halteridium in Serummischungen, nur dass es nicht bis zur Würmchenbildung kommt. Diese finden sich vielmehr erst im Mageninhalt von Culex nemorosus, 12—15 Stunden nachdem die Mücke Blut der erkrankten Vögel eingesogen hat. Nach 48 Stunden sind die Würmchen verschwunden, es bilden sich aber an der Aussenseite des Magens von Culex kugelförmige, durchsichtige Gebilde (Coccidien), deren Inhalt sich in Sporoblasten und am 6.—7. Tage in zahlreiche Sichelkeime verwandelt. Letztere überschwemmen den ganzen Körper, sind aber vom 9. bis 10. Tage an nur noch in den Speicheldrüsen. Von diesen aus gelangen die Keime beim Stechen gesunder Vögel in deren Blut und vermehren sich dort zunächst wieder durch Sporulation.

c) Malariaparasiten der Affen.

Runde kleine Parasiten, zeigen bei Romanowsky-Färbung um das runde oder stäbchenförmige Chromatinkorn eine ungefärbte Zone. — Endogene Sporulation nicht beobachtet. Nach Serummischung Bildung von Körpern mit fadenförmigen Fortsätzen; Befruchtung und Würmchenbildung noch nicht klar.

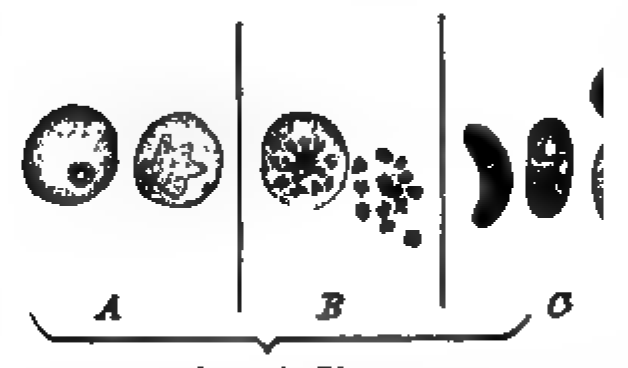
d) Malaria hominis.

In frischen ungefärbten Blutpräparaten sind die Parasiten durch ihre Pseudopodienbildung leicht kenntlich. — Färbung dünner Ausstrichpräparate nach Koch: 15 Theile Borax, 6 Methylenblau, 300 Wasser: darin wenige Sekunden färben und in Wasser spülen, bis ein grünlicher Farbenton sich zeigt. — Oder Doppelfärbung: Vorfärbung mit alkoholischer Eosinlösung, dann alkoholisches Methylenblau. — Oder nach Romanowsky: einprocentige wässerige Methylenblaulösung und einprocentige wässerige Eosinlösung werden zu gleichen Theilen in flachen Schalen gemischt. Die entstehenden glänzenden Häutchen werden wiederholt mit dem Glasstab verrührt. Vor dem Einlegen des Deckglases wird das letzte Häutchen mit Fliesspapier entfernt. Dann wird das Deckglas für 3 bis 7 Stunden eingelegt, in Wasser gespült, getrocknet. Das beste Mischungsverhältniss der Farblösungen muss nach frischer Bereitung und auch jedesmal nach längerem Stehen ausprobirt werden.

Die jüngsten Parasiten haben Napf- oder Ringform und füllen nur $^1/_{10}$ des rothen Blutkörperchens. Allmählich wachsen sie, dabei wird, oft unter auffälligem Abblassen des Blutkörperchens, Melanin gebildet, das sich in bald kleineren, bald grösseren Stäbchen und Körnchen zerstreut in den Körper des Parasiten einlagert. Schliesslich kommt

es zur Sporulation, die ähnlich verläuft wie bei Proteosoma; das Pigment sammelt sich im Centrum, und der umliegende Körper des Parasiten theilt sich in 8—20 kleine Elemente, die zunächst noch rosettenartig das Pigmentcentrum umlagern (Gänseblümchenstadium), schliesslich aber sich loslösen, frei im Plasma treiben und von da aus neue rothe Blutkörperchen befallen. Die Zeit der Auflösung des sporulirenden Parasiten fällt mit dem Fiebereintritt zusammen, wohl in Folge des Freiwerdens pyrogener Stoffwechselprodukte.

Ausser dieser endogenen Sporulation kann man nicht selten die Anfänge exogener geschlechtlicher Entwicklung beobachten. Am häufigsten treten bei der Tropenmalaria, wenn die Krankheit längere Zeit bestanden hat und eine gewisse Immunität eintritt, halbmondförmige Gebilde auf, die zuerst noch am rothen Blutkörperchen haften, später frei werden. Unter ihnen kann man ähnlich wie bei Halteridium nach der Färbung des Plasmas und nach der Chromatinvertheilung zwei Kategorien unterscheiden: männliche und weibliche Gameten. Erstere ver-



endogen in Blut. exogen in Anopheles.

Fig. 56. Entwicklung des Malariaparasiten. 1000 : 1 (*F* = 600 : 1), theilweise schematisch. *A* = Menschliche Blutkörperchen mit Parasiten. *B* = Sporulation. *C* = Halbmondförmige Parasiten, sphärische Form annehmend. *D* = Spermatozoën-Aussendung. *E* = Würmchen aus dem Darm von Anopheles. *F* = Cyste („Amphiont") in der Magenwand von Anopheles, mit Sichelkeimen. *G* = Freie Sichelkeime. *E*—*G* nach Grassi.

wandeln sich im entnommenen Bluttropfen binnen wenigen Minuten in sphärische Körper, die sich mit geisselartigen Fäden umgeben können. Die schwächer färbbaren Halbmonde sollen sich in ovoide Körper umbilden. Die Befruchtung der letzteren und eine Würmchenbildung ist aber in den Blutpräparaten nicht beobachtet. Dagegen wollen Ross und nach diesem Grassi und Celli verfolgt haben, dass die Copulation und die Entstehung von Würmchen im Intestinaltractus einer Stechmücke, Anopheles claviger s. maculipennis, stattfindet. Die Würmchen sollen sich in die Magenwand einbohren und hier die Bildung eines „Amphionten" mit Sporoblasten und schliesslich sichelförmigen Sporen veranlassen, die sich vorzugsweise in der Speicheldrüse ansammeln. Von da aus soll durch Stiche des Insects die Krankheit auf gesunde Menschen übertragen werden.

Sowohl durch zahlreiche Beobachtungen in Malaria- und malariafreien Gegenden sowie durch Experimente mit Stechmücken, die man am Kranken hat saugen und nach circa 10 Tagen (der Zeit, die bis zur Ausbildung der Sichelkeime verfliesst) Gesunde hat stechen lassen, ist sichergestellt, dass vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, Anopheles claviger als Zwischenwirth bei der Verbreitung der Malaria eine Rolle spielt, während Culex-arten nicht in Betracht kommen.

Genus Culex unterscheidet sich von Anopheles z. B. durch die kurzen Fühlhörner, die wenig gefiederten Antennen und den komplicirten Stechapparat; bei Anopheles sind Fühlhörner und Stechapparat ungefähr gleich lang und die Antennen stark gefiedert. Anopheles claviger ist speciell gekennzeichnet durch vier auf jedem Flügel befindliche in Form eines T gestellte dunkele Flecke.

Die Malaria tritt in mindestens 3 verschiedenen Typen auf, denen ebensoviele Abarten des Malariaparasiten entsprechen:



Fig. 56 a. Quartana. 1000 : 1. 1 = Junger, 2 = älterer Parasit, 3 = Sporulation.

Fig. 56 b. Tertiana. 1000 : 1. 1 = Junger, 2 = älterer Parasit, 3 = Sporulation.

Der Parasit der Febris quartana (mit Wiederholung des Frost- und Fieberanfalls nach je 72 Stunden) zeigt grobe Pseudopodien, grobes Pigment, bei der Sporulation 8—12 Sporen.

Bei Febris tertiana (Fieber alle 48 Stunden) erscheint der Parasit zarter, das Pigment feiner; auch er füllt vor der Sporulation das Blutkörperchen ganz aus; die Zahl der Sporen beträgt 16—20; ihre Lagerung ist meist nicht regelmässig rosettenartig.

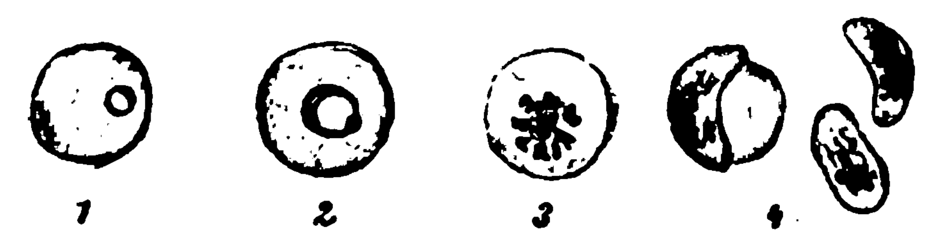


Fig. 56 c. Malaria tropica. 1000 : 1.
1 = Kleiner Ring. 2 = Grosser Ring. 3 = Sporulation. 4 = Halbmondförmige Parasiten.

Die Malaria tropica (oder Aestivo-Autumnalfieber der Italiener) ist eine Tertiana, bei der zwar auch alle 48 Stunden der Anfall sich wiederholt, bei der aber das Fieber circa 40 Stunden andauert, die Remission nur 6—8 Stunden. Zu Anfang des Fiebers findet man hier den Parasiten in Form kleiner Ringe mit deutlichem Chromatinkorn; zu Ende und während der Remission grössere Ringe, aber immer nicht mehr als $^1/_3$ der rothen Blutkörperchen einnehmend, mit einer Verbreitung gegenüber dem Chromatinkorn. Einzelne Pigmentkörner sind

nicht sichtbar, nur braune Verfärbung. Sporulation ist im Blut aus der Fingerkuppe nicht zu beobachten; dieselbe erfolgt nur in inneren Organen, namentlich in der Milz. Von dort entnommene Blutproben zeigen Bilder ganz ähnlich wie bei der Sporulation von Proteosoma. — Ueber Halbmonde und Geisselkörper s. oben.

Die beschriebenen Parasiten sind zweifellos als die Erreger der Malaria anzusehen, weil sie in jedem Einzelfall von Malaria mit Sicherheit nachgewiesen werden, nie aber bei gesunden Menschen oder anderen Kranken gefunden sind; weil ferner die Menge der Parasiten der Intensität der Krankheit entspricht; weil wirksame Chininbehandlung auch die Parasiten zum Verschwinden bringt; und weil intravenöse Injektion kleiner Mengen parasitenhaltigen Blutes — aber auch nur solchen Blutes — bei Gesunden typische Malaria hervorruft.

Literatur: Leuckart, Die Parasiten des Menschen, 2. Aufl., 1879—86. — Bütschli, Protozoa, 1882. — Balbiani, Leçons sur les sporozoaires, Paris 1884. — Kruse, Protozoën in Flügge, Mikroorganismen, 3. Aufl., Bd. II. — v. Wasielewski, Sporozoënkunde, 1900. — Laveran, Nature parasitaire des accidents de l'impaludisme, Paris 1881. — Councilman und Abbot, American Journ. of the medical sc. 1885. — Marchiafava und Celli, Atti della R. Academia dei Lincei, 1884 ff. — Golgi, Sulla infezione malarica, Torino 1886. — Zeitschr. f. Hygiene, Bd. X. — Koch, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 34.

Zweites Kapitel.

Witterung und Klima.

In der unsern Erdball umgebenden Atmosphäre laufen eine Reihe von Erscheinungen ab, welche in hohem Grade hygienisches Interesse beanspruchen; und zwar kommen sowohl physikalische Vorgänge, die Temperatur-, Druck-, Feuchtigkeitsschwankungen und die Bewegung der Atmosphäre in Betracht; als auch das chemische Verhalten der Luft, ihr Gehalt an Sauerstoff, Ozon, Kohlensäure und fremden Gasen; und drittens die Beimengung staubförmiger Bestandtheile.

Zunächst interessieren uns hier die physikalischen Processe, welche in den Ausdrücken „Witterung und Klima" zusammengefasst werden. Die Lehre von diesen Vorgängen bezeichnet man gewöhnlich als Meteorologie und Klimatologie. Unter Witterung versteht man

speciell die betreffenden physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre während einer bestimmten kürzeren Zeit; unter Klima dagegen das mittlere Verhalten der meteorologischen Faktoren, welches für irgend einen Ort durch längere Beobachtung sich ergeben hat.

Beide, Wetter und Klima, sind von Alters her als hygienisch bedeutungsvoll erkannt; beide werden noch jetzt von Aerzten und Laien gern als Ursache zahlreicher geringer oder schwererer Störungen der Gesundheit angeschuldigt.

Statistische Erhebungen haben in der That gezeigt, dass gewisse Krankheiten nur in einem bestimmten Klima vorkommen, dass andere eine wesentlich verschiedene Energie und Ausbreitung zeigen, je nach den klimatischen Verhältnissen des Landes. — Ferner hat sich herausgestellt, dass die Mortalität an verschiedenen Krankheiten variirt je nach dem Wechsel der Jahreszeiten und der gleichzeitig wechselnden Witterung.

Manche von Alters her behauptete Einflüsse von Klima und Witterung haben sich freilich noch nicht statistisch mit voller Bestimmtheit beweisen lassen, sind aber durch vielfache praktische Erfahrung zu begründen. So die Abhängigkeit katarrhalischer und rheumatischer Leiden, gewisser Ernährungsstörungen und nervöser Affektionen von Witterung und Klima; so die Heilkraft mancher Klimate für diese oder jene Leiden.

Vielfach wird der Einfluss von Klima und Witterung auch überschätzt. Namentlich können die steten Schwankungen der Witterung leicht ausgenutzt werden, um in fehlerhafter Weise Causalverbindungen mit der ebenfalls vielfach wechselnden Häufigkeit gewisser Krankheiten herzustellen. Ebenso begegnen wir oft dem Bestreben, namentlich an Bade- und Kurorten, minimalste klimatische Differenzen zu wichtigen Heilfaktoren aufzubauschen.

Um über die wirkliche Bedeutung der meteorologischen und klimatischen Einflüsse ein zuverlässiges Urtheil zu gewinnen, wird es zunächst erforderlich sein, die Faktoren, welche Klima und Witterung zusammensetzen, nämlich Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung u. s. w. im Einzelnen zu analysiren, die örtlichen und zeitlichen Schwankungen des einzelnen Faktors zu ermitteln, deren Wirkung auf den Menschen zu präcisiren, und dann erst den Gesammteinfluss von Witterung und Klima auf die Frequenz verschiedener Krankheiten zu erörtern.

I. Die einzelnen meteorologischen Faktoren.

A. Temperatur der Atmosphäre.

Methode der Beobachtung. Gewöhnlich benutzt man empfindliche Quecksilberthermometer mit kleinen Gefässen, welche in gewissen Zwischenräumen geaicht werden müssen; zuweilen Metallthermometer; für grosse Kältegrade Weingeistthermometer.

Speciell für meteorologische Beobachtungen werden vielfach Maximal- und Minimalthermometer gebraucht. Die jetzt gebräuchlichste Konstruktion ist das U-förmige Thermometer von Six und Casella, ein Weingeistthermometer mit Einschaltung eines Quecksilberfadens, der an jedem Ende einen Index vorschiebt, so dass Maximum und Minimum beobachtet werden können.

Die Aufstellung des Thermometers muss, da nur die Lufttemperatur gemessen werden soll, in solcher Weise erfolgen, dass es gegen die Strahlung vom Boden und von erwärmten Hauswänden, ebenso auch gegen Regen u. s. w. geschützt ist. Daher muss das Thermometer an der Nordwand des Hauses, mindestens vier Meter über dem Boden und in einem Gehäuse angebracht werden, welches keine Bestrahlung, sondern nur eine Einwirkung der zutretenden Luft auf das Thermometer gestattet.

In einfacher und meist hinreichend genauer Weise lässt sich die Lufttemperatur bestimmen durch das „Schleuderthermometer“, d. h. durch ein gewöhnliches Thermometer, welches an einer 1 Meter langen Schnur einige Male im Kreise geschwungen wird. Diese Methode der Messung der Lufttemperatur ist gerade für hygienische Zwecke, in Wohnräumen u. s. w., gut anwendbar. — Für meteorologische Stationen empfiehlt sich die Anwendung des Assmann'schen Aspirationsthermometers. Das Thermometer befindet sich in einem dünnwandigen Metallgehäuse; im Kopf des Gehäuses liegt ein Federkraft-Laufwerk, durch welches ein Exhaustor-Scheibenpaar in schnelle Umdrehung versetzt wird; letzteres unterhält einen konstanten Luftstrom, der mit 2,3 m pro Sec. Geschwindigkeit am Thermometergefäss vorbeistreicht.

Soll auch der Erwärmung durch die Sonnenstrahlung Rechnung getragen werden, so sind — da an den gewöhnlichen Thermometerkugeln eine fast vollständige Reflexion der Strahlen stattfindet — Thermometer mit geschwärzten Gefässen zu verwenden, die in eine luftleere Glashülle eingeschlossen sind (Vacuumthermometer). Sie geben in der Differenz gegenüber der Lufttemperatur ein annäherndes Maass der Strahlungsintensität.

Die Thermometerbeobachtungen zu meteorologischen Zwecken erfolgen am vollkommensten durch selbstregistrirende Thermometer, welche den Gang der Temperatur vollständig aufzeichnen. Auch stündliche Ablesungen ergeben fast ebenso brauchbare Resultate, werden indess nur an wenigen Stationen ausgeführt. Addirt man die Stundenbeobachtungen eines Tages und dividirt durch 24, so erhält man das Tagesmittel der Temperatur. Die Tagesmittel addirt und durch die Zahl der Tage des Monats resp. Jahres dividirt ergeben das Monatsmittel resp. Jahresmittel. — Ein richtiges Tagesmittel wird auch erhalten, wenn man nur dreimal täglich, 8 Uhr Früh, 2 Uhr Nachmittags, 10 Uhr Abends beobachtet und die Summe der erhaltenen Zahlen durch 3 dividirt; oder wenn man um 7 Uhr Früh, 2 Uhr Nachmittags, 9 Uhr Abends abliest, die für die Abendstunde erhaltene Zahl doppelt setzt und durch 4 dividirt;

oder wenn man aus den Daten für 8 Uhr Früh, 2 Uhr Nachmittags, 7 Uhr Abends und für das Minimum das Mittel bildet. Auch das allein aus Maximal- und Minimaltemperatur entnommene Mittel giebt ein annähernd richtiges, im Ganzen jedoch zu hohes Tagesmittel.

Oertliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur.

Ueber die Temperaturverhältnisse der bewohnten Erdoberfläche erhalten wir Aufschluss durch die an zahlreichen Orten gesammelten meteorologischen Daten.

Dieselben beschränken sich allerdings bis jetzt nur auf die Beobachtung der Lufttemperatur. Für hygienische Zwecke ist ausserdem die Temperatur der umgebenden Gegenstände (Boden, Hauswände u. s. w.) von Interesse, da die Wärmeabgabe von unserem Körper auch durch die Strahlung und Leitung zwischen diesem und den verschieden temperirten Gegenständen beeinflusst wird. Ebenso ist die directe Bestrahlung des Körpers durch die Sonne bedeutungsvoll für die Temperaturempfindung desselben.

a) **Am häufigsten wird die mittlere Monats- und Jahrestemperatur** der klimatischen Charakteristik zu Grunde gelegt.

Sie wird vielfach dargestellt in Form der Monats- und Jahresisothermen, d. h. Linien, welche die Orte gleicher mittlerer Monats- resp. Jahreswärme mit einander verbinden. Aus denselben lässt sich indessen nichts über die wirklichen Temperaturverhältnisse eines einzelnen Ortes entnehmen, da bei der Construction die lokalen Einflüsse, welche auf die Temperatur wirken, nach Möglichkeit künstlich eliminirt werden. In dieser Beziehung kommt vor allem die Höhenlage des Ortes in Betracht; je weiter man sich von der gesammten wärmespendenden Erdoberfläche entfernt, um so niedriger wird naturgemäss die Lufttemperatur, und zwar nimmt dieselbe im Mittel für je 100 Meter um etwa 0.54° (in grösserer Höhe langsamer) ab. Bei der Construction der Isothermen werden die an höher gelegenen Orten beobachteten Zahlen auf das Meeresniveau reducirt.

Die wirkliche Höhe der Temperatur an verschiedenen Orten ist daher nur aus den Resultaten fortgesetzter Specialbeobachtungen zu entnehmen. Die umstehende Tabelle giebt in der dritten Columne die mittlere Jahrestemperatur von 25 aus allen Zonen ausgewählten Städten. Die Höhenlage jedes Ortes ist in der zweiten Columne verzeichnet; dieselbe ist z. B. beim Vergleich von Veracruz und Mexico, Calcutta und Darjeeling, Berlin und München sehr zu berücksichtigen.

b) **Die absoluten und mittleren Extreme.** Unter absoluten Extremen versteht man die höchste resp. niedrigste Temperatur, welche überhaupt während der gesammten Beobachtungsjahre zu verzeichnen war; die mittleren Extreme findet man, indem man die höchsten resp. niedrigsten Temperaturen der einzelnen Beobachtungsjahre addirt und durch die Zahl der Jahre dividirt.

	Geograph. Breite	Höhe über dem Meeresniveau	Mittlere Jahres-Temperatur	Mittlere Extreme		Absolute Extreme		Mittlere Tages-schwankung	Mittlere Temperatur des		Mittlere Jahres-schwankung	Unperiod. mittlere Jahresschwankung	Veränderlichkeit von Tag zu Tag
		in Met.		Max.	Min.	Max.	Min.		wärmsten Monats	kältesten Monats			
Chartum	15°36′	388	28·6	46·6	10·0	—	—	—	34·5	22·7	11·8	36·6	—
Sansibar	6°10′ S.	—	26·7	31·7	21·7	32·6	20·4	4·1	28·1	25·2	2·4	10·0	—
Calcutta	22°32′	6	24·8	38·6	12·1	41·1	9·3	7·1	28·4	18·1	10·3	26·5	—
Darjeeling	27° 3′	2107	12·3	25·8	− 1·6	—	—	—	16·7	4·9	11·8	27·4	—
Veracruz	19°12′	—	25·4	37·0	13·3	—	—	—	27·7	22·1	5·6	28·7	—
Mexico	19°26′	2266	16·4	29·4	− 1·1	—	—	—	19·6	12·5	7·1	30·5	—
Madrid	40°25′	655	18·5	49·5	− 6·9	—	—	18·2	24·5	4·9	16·6	46·5	1·0
Rom	41°54′	50	15·3	35·0	− 3·5	—	− 6·0	8·0	24·8	6·7	18·1	38·5	1·5
Paris	48°50′	34	10·3	33·5	− 9·8	—	−23·9	—	18·8	2·0	16·8	43·3	—
Köln	50°55′	60	10·1	32·2	−11·8	35·1	−22·5	—	18·7	1·6	17·1	44·0	—
München	48° 9′	528	7·5	30·4	−18·5	37·5	−30·1	7·3	17·3	− 3·0	20·3	48·9	—
Berlin	52°30′	48	9·0	33·0	−15·4	37·0	−23·0	—	18·8	− 0·8	19·6	48·4	1·6
Wien	48°12′	197	9·7	33·5	−14·5	38·0	−25·5	8·0	20·5	− 1·7	22·2	48·0	1·9
Dublin	53°22′	58	9·5	24·7	− 5·1	—	—	—	15·4	4·7	11·3	29·8	—
London	51°33′	37	10·3	31·3	− 8·1	—	−15·6	—	17·9	3·5	14·4	39·4	1·8
Hammerfest	70°42′	10	1·9	24·0	−14·2	30·0	−20·0	—	11·8	− 5·2	17·0	38·2	—
St. Petersburg	59°56′	10	3·6	29·3	−28·5	—	−39·0	4·7	17·7	− 9·4	27·1	57·8	2·2
Moskau	55°46′	160	3·9	31·4	−30·5	—	−42·5	—	18·9	−11·1	30·0	61·9	2·6
Astrachan	46°21′	−20	9·4	36·3	−26·0	—	−31·9	—	25·5	− 7·1	32·6	62·3	—
Jakutsk	62° 1′	160	−11·2	33·0	−54·8	—	−62·0	9·0	18·8	−42·8	61·6	87·8	3·2
Washington	38°53′	27	12·0	34·9	−15·8	—	—	—	24·4	0·2	24·2	50·7	1·5
Reykiavik	64° 8′	—	3·3	—	—	—	—	—	12·1	− 2·5	14·6	—	—
Spitzbergen	79°53′	—	− 8·9	12·8	−38·0	—	—	—	4·6	−22·7	27·3	50·8	—
N.-W. Grönland	72°48′	—	−11·1	—	—	—	—	—	4·4	−28·0	32·4	—	—

Die niedrigste, in Sibirien (Werchojansk) beobachtete Temperatur betrug —68°. Die höchsten Wärmegrade finden sich in der Nähe des rothen Meeres und sollen dort bis +65° betragen. In Chartum ist das mittlere Maximum +46·6°; in Lahore das absolute Extrem +50·9°, in Multan +52·8°. Zwischen höchster und niedrigster Temperatur der von Menschen bewohnten Stätten findet man also eine Differenz von 133°; während die mittlere Temperatur um etwa 40° differirt.

c) **Die mittlere Tagesschwankung**, d. h. die mittlere Differenz zwischen der Maximal- und Minimaltemperatur eines Tages. Ueber dem Meere ist die Tagesschwankung selbst unter dem Aequator, wo die Theilung des Tages in Tag und Nacht am schärfsten hervortritt, sehr gering, inmitten der grossen Continente selbst in polarer Region bedeutend. Ausserdem sind die örtlichen Lageverhältnisse, die Neigung zur Bewölkung u. s. w. für die Temperaturschwankung des einzelnen Ortes von Wichtigkeit.

Die intensivsten Contraste innerhalb 24 Stunden treten in der Sahara, im westlichen Tibet, im westlichen Hochplateau Nord-Amerikas hervor. Dort finden sich Tagesschwankungen von 40—42°. Die Temperatur kann dort Nachmittags 2 Uhr bis 38° betragen, des Nachts aber durch intensive Ausstrahlung gegen den völlig klaren Himmel bis unter den Gefrierpunkt sinken. — In denselben Breiten ist dagegen über dem atlantischen Ocean die mittlere tägliche Schwankung zu 1·6° gefunden.

In unseren Breiten verläuft die Tagesschwankung der Temperatur im Allgemeinen so, dass das Minimum kurz vor Sonnenaufgang (im Winter näher an Mitternacht) liegt, das Maximum zwischen 2 und 3 Uhr. Zwischen 1 Uhr und 5 Uhr Nachmittags ändert sich die Temperatur wenig; bis 1 Uhr und von 5 Uhr ab tritt rasches Steigen resp. Fallen ein. — Die Intensität der Schwankung beträgt im Jahresmittel: in Wien 8°, in Berlin 6·4°. Im November, Dezember, Januar beträgt sie im Mittel nur 4—5°; in den Sommermonaten 9—10°. Die niedrigsten Schwankungen kommen an trüben Wintertagen vor; sie können weniger als 1° ausmachen. Den höchsten Tagesdifferenzen begegnet man an heiteren Sommertagen, wo Schwankungen von 15—20° (Morgens früh +13°, Nachmittags +31°) nicht selten sind; ferner zuweilen im Winter und Frühjahr, wenn Windrichtung und Wetter eine plötzliche Aenderung erfahren. So gehört ein rasches Ansteigen der Temperatur von —7° auf +6° in unserem Klima zu den alljährlichen Vorkommnissen.

d) **Die mittlere Jahresschwankung.** Inmitten der grossen Continente finden wir die stärksten Contraste der Temperatur im Laufe eines Jahres, und zwar um so stärker, in je höhere Breiten wir kommen;

während im tropischen See- und Küstenklima die Jahresschwankung minimal wird.

Man registrirt eine unperiodische und eine periodische Jahresschwankung (Columne 8 und 9). Die absolute, unperiodische Jahresschwankung ergiebt sich aus der Differenz zwischen den absoluten Extremen (Columne 6 und 7); die periodische mittlere Jahresschwankung wird erhalten aus der Differenz zwischen den mittleren Jahresextremen (Columne 4 und 5); oder einfacher aus der Differenz zwischen den mittleren Temperaturen des heissesten und des kältesten Monats. Man gewinnt so einen Ausdruck für den durchschnittlichen Contrast der Jahreszeiten, und unterscheidet nach diesem 1) das Aequatorial- oder Seeklima, mit einer mittleren Jahresvariation der Temperatur bis höchstens 15°. 2) das Uebergangsklima, mit einer mittleren Schwankung von 15—20°. 3) das Landklima, mit 20—40° Jahresschwankung. 4) das excessive Landklima, mit 40—60° Jahresschwankung.

Wie wichtig es für die Charakterisirung eines Klimas ist, dass neben der mittleren Jahrestemperatur auch die mittlere Jahresvariation der Temperatur angegeben wird, das geht z. B. aus einem Vergleich zwischen Dublin und Astrachan hervor. Beide Orte zeigen gleiche mittlere Jahreswärme; der Unterschied zwischen heissestem und kältestem Monat beträgt aber in Dublin nur 11°, in Astrachan 33°; die unperiodische Jahresschwankung beziffert sich in Dublin auf 30°; in Astrachan auf 62°.

e) **Die interdiurne Veränderlichkeit**, d. h. der unperiodische Temperaturwechsel, der sich von einem Tag zum anderen vollzieht. Bei starkem derartigen Wechsel sprechen wir von „veränderlichem Wetter“, und wenn sich derselbe in einem grösseren Abschnitt des Jahres wiederholt bemerkbar macht, von „veränderlichem Klima“.

Die mittlere Veränderlichkeit eines Monats erhält man dadurch, dass man die Differenzen zwischen der Mitteltemperatur je zweier auf einander folgender Tage bildet, die für den ganzen Monat gefundenen Differenzen addirt und durch die Zahl der Monatstage dividirt. Aus den Monatswerthen erhält man die mittlere Veränderlichkeit des Jahres.

Ueber die Veränderlichkeit der Temperatur liegen erst aus neuerer Zeit zahlreichere Beobachtungen vor. Dieselbe nimmt im Allgemeinen nach den Polen hin zu, jedoch in sehr unregelmässiger Weise; die Maxima liegen z. B. im nördlichen Theil der Vereinigten Staaten und in Westsibirien. Landeinwärts wird die Veränderlichkeit im Ganzen grösser; ferner steigt sie mit der Höhenlage. Jedoch sind lokale Momente und namentlich die herrschenden Windrichtungen von bedeutendem Einfluss. — Zeitlich findet sich die höchste Veränderlichkeit im Winter, die geringste im Sommer.

Hygienischer Einfluss der beobachteten Temperaturgrade und Temperaturschwankungen.

Directe Störungen der Gesundheit durch die Temperatureinflüsse der Atmosphäre müssen vorzugsweise die Wärmeregulirung unseres

Körpers betreffen, und es ist daher erforderlich, zunächst auf die Art und Weise, wie die Eigenwärme des Körpers unter den verschiedensten äusseren Verhältnissen erhalten wird, etwas näher einzugehen.

Die Wärmeregulirung des Körpers. Im Allgemeinen findet die Abfuhr der 3000 W.-E., welche im Mittel der Körper des Erwachsenen in 24 Stunden producirt, auf folgenden Wegen statt:

1) Durch die Speisen, welche indess für gewöhnlich nur 40—50 Wärmeeinheiten aufnehmen. 2) Durch die Erwärmung der Athemluft und durch Wasserverdunstung an der Lungenoberfläche, 200—400 W.-E. 3) Durch Wärmeabgabe von der Haut, 2000 W.-E. und mehr.

Die letztere überwiegend wichtige Wärmeabfuhr erfolgt theils durch Leitung, theils durch Strahlung, theils durch Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege können in der freien Atmosphäre sämmtlich ausserordentlich kräftig funktioniren und jeder für sich den ganzen Wärmebetrag abführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluss des einen oder des anderen oder sogar auch aller drei Wege kommen.

Durch Leitung giebt der menschliche Körper Wärme vor allen Dingen an die umgebende Luft ab, umsomehr, je grösser die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft ist und je rascher die Luft wechselt. Hat die Luft z. B. eine Temperatur von 17°, so lässt sich berechnen, dass 1 cbm Luft bei seiner Erwärmung auf Körpertemperatur höchstens 6 W.-E. aufnimmt; in einem geschlossenen Raume wird daher die gesammte Wärmeabgabe durch Leitung unbedeutend sein; sie kann nur erheblich werden bei bewegter Luft, und da im Freien gewöhnlich eine Luftbewegung von mindestens 2—5 Meter pro Secunde besteht, so wird dort diese Art der Wärmeabgabe relativ viel leisten können. Immerhin ist auch hier die Menge der abgeleiteten Wärme sehr wechselnd; bei kalten heftigen Winden sehr gross, bei warmer ruhiger Luft äusserst geringfügig.

Die Wärmeabgabe durch Strahlung ist theils von der Grösse und dem Ausstrahlungsvermögen der Körperoberfläche, von der Temperaturdifferenz gegenüber den umgebenden Gegenständen und von einigen anderen weniger einflussreichen Faktoren abhängig. Dieser Weg der Wärmeabgabe funktionirt ausgiebig innerhalb geschlossener Räume, wo durch die Ausstrahlung gegen kältere Wände, Möbel u. dgl. unter Umständen die hauptsächlichste Wärmeabgabe des Körpers erfolgen kann. Derselbe Weg gelangt auch im Freien zur Benutzung, wenn z. B. kältere Hauswände, namentlich aber Bäume oder Sträucher, die durch ihre stete reichliche Wasserverdunstung eine relativ niedrige Eigentemperatur haben, in der Umgebung sich finden. Andererseits kann die Wärmeabgabe durch Strahlung minimal werden, wenn z. B. stark erwärmte Felswände, Hausmauern oder andere Menschen die Umgebung des Körpers bilden.

Durch Wasserverdunstung können ebenfalls sehr grosse Mengen Wärme dem Körper entzogen werden. Bei der Verdunstung von 1 g Wasser werden 0.51 W.-E. latent. Da nun der Mensch für gewöhnlich 900 g, bei stärkerer Körperanstrengung 2000—2600 g Wasser durch Verdunstung von der Haut verlieren kann, so beträgt die Wärmeentziehung auf diesem Wege allein 500 bis 1500 W.-E.; jedoch ist das Maass der Wasserverdunstung durchaus abhängig theils von gewissen im Körper gelegenen Momenten, theils von der Lufttemperatur, der Lufttrockenheit, der Luftbewegung und dem Luftdruck (s. unter „Luftfeuchtigkeit").

Gegenüber dieser ausserordentlich variablen Zahl und Breite der Wege der Wärmeabfuhr ist es von grosser Bedeutung, dass durch Abänderungen der äusseren wärmeentziehenden Faktoren stets eine derartige Reaktion der im Körper gelegenen regulirenden Faktoren angeregt wird, dass der Wärmezustand des Körpers der gleiche bleibt; und zwar wird theils die Wärmeproduktion, theils die Wärmeabgabe des Körpers beeinflusst.

Eine Vermehrung oder Verminderung der Wärmeproduktion kann einmal erfolgen durch Vermittelung der Hautnerven. Je nachdem diese in stärkerem oder geringerem Grade abgekühlt werden, regen sie reflektorisch den Verbrennungsprocess in den Muskeln mehr oder weniger an (chemische Wärmeregulation). Für je 1° Temperatursteigerung sinkt die CO_2-Ausscheidung und die Wärmeproduktion um etwa 2 Procent. Bei einer Aussentemperatur von mehr als 20° sistirt aber die weitere Herabsetzung. — Zweitens kann durch Vermehrung oder Einschränkung der willkürlichen Muskelbewegungen die Wärmeproduktion geändert werden. Bei starker Abkühlung tragen ausserdem unwillkürliche Muskelbewegungen (Zittern, Frostschauer) zu vermehrter Wärmebildung bei. — Drittens kann durch Variirung der Quantität und Qualität der Nahrung die Wärmeproduktion beeinflusst werden. Namentlich wird durch Fettaufnahme die Wärmebildung vermehrt; bei ruhendem Körper steigert in erster Linie reichliche Eiweisszufuhr den Umsatz der Zellen.

Die Wärmeabgabe wechselt nach dem Athemvolum; zweitens je nach der Vergrösserung oder Verringerung der Wärme abgebenden Körperoberfläche (Strecken und Spreizen der Beine u. s. w.); vor allem aber nach der Blutfülle und Blutcirculation des vorzugsweise für die Wärmeabgabe in Betracht kommenden Organs, der Haut, und nach der Intensität der Wasserverdampfung von der Haut. — Diese physikalische Wärmeregulation, bei der in erster Linie die Haut activ ist, setzt namentlich dann ein, wenn die chemische Wärmeregulation versagt, also bei Aussentemperaturen über 20°. Unter gewissen Verhältnissen, z. B. bei lebhaftem Wind, tritt sie erst bei erheblich höheren Temperaturen in Action (Rubner, Wolpert).

Für den unbekleideten Körper würden indess alle diese regulirenden Vorrichtungen nicht ausreichen, um demselben unter allen klimatischen und Witterungsverhältnissen die Erhaltung der normalen Körperwärme zu garantiren. Erst durch Einschaltung der Kleidung und Wohnung, und durch entsprechende Abwechselung sowohl in Zahl und Dicke der Kleidungshüllen wie in Heizung und Lüftung der Wohnung gelingt es dem Menschen, sich gegen die starken Variationen der Lufttemperatur ausreichend zu schützen.

Selbst wenn diese künstlichen Vorrichtungen zu Gebote stehen, kommt es noch häufig zu Störungen der Wärmeregulirung, weil die richtige Handhabung und Anpassung jener Vorrichtungen unter Umständen schwierig ist und weil viele Menschen gezwungen sind, einen Theil des Tages ausserhalb der Wohnung zuzubringen, lediglich auf den Schutz der Kleidung angewiesen.

Es ist somit begreiflich, dass die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre trotz aller der geschilderten natürlichen und künstlichen Regulirvorrichtungen nicht selten zu Gesundheitsstörungen führen.

Entweder kann durch zu hohe Temperatur die Entwärmung des Körpers behindert werden, so dass eine Art Wärmestauung entsteht;

oder niedere Temperaturgrade führen zu starke Abkühlung und dadurch Erfrierungen oder Erkältungen herbei.

a) Die Einwirkung hoher Temperaturen.

Die akuten Krankheitserscheinungen, welche durch Wärmestauung zu Stande kommen, bezeichnet man als **Hitzschlag.**

Im Anfangsstadium erscheint das Gesicht geröthet, die Augen glänzend; es stellt sich Kopfschmerz, ein Gefühl von Beklemmung, Trockenheit im Halse und heisere Stimme ein. Weiterhin wird die Haut trocken und brennend; dazu gesellt sich Flimmern vor den Augen und Ohrensausen; die Herzaktion wird stürmisch; dann tritt ohnmachtähnliche Schwäche, oft Zittern der Glieder ein und schliesslich bricht der Kranke bewusstlos zusammen. Von da datirt dann der eigentliche Krankheitsanfall, auf dessen Symptome hier nicht einzugehen ist.

Wir begegnen dem Hitzschlag vorzugsweise in den tropischen und subtropischen Ländern. Aber auch in gemässigten Klimaten und in Mitteleuropa sind in heissen Sommern Fälle von Hitzschlag nicht selten, namentlich bei militärischen Märschen und bei Feldarbeitern.

Die Bedingungen für den Hitzschlag sind namentlich dann gegeben, wenn die Luft ruhig und mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist; so in den Tropen namentlich im Anfange der Regenperiode, in gemässigterem Klima an Sommertagen vor dem Ausbruch von Gewittern. Besondere Gefahr bieten ferner Oertlichkeiten, an welchem auch eine Abstrahlung unmöglich wird, z. B. erwärmte Felswände und Engpässe. Ferner liegt eine besondere Gefahr in der Umgebung mit Menschen, z. B. bei militärischen Märschen in geschlossener Colonne. Disponirend wirken ausserdem auf das Zustandekommen des Hitzschlags Muskelbewegungen; je angestrengter die militärischen Märsche daher sind, um so grösser wird die Gefahr des Hitzschlags. Eine sehr vollständige Behinderung der Wärmeabgabe kommt bei Tunnelarbeiten zu Stande; auch hier treten aber die Erscheinungen von Beklemmung, grosser Mattigkeit, bedeutender Pulsfrequenz und Steigerung der Eigenwärme auf 39—42° weit eher bei Arbeitsleistung ein, als bei ruhigem Aufenthalt; unter letzterer Bedingung kann die Temperatur etwa 20° höher liegen, bis die gleiche Intensität der Erscheinungen eintritt, welche bei Arbeit beobachtet wird. — Disponirend wirken ferner: reichliche Nahrung, welche erhöhte Wärmeproduktion veranlasst; ungenügendes Getränk, so dass nicht fortwährend Wasserverdunstung von der Haut unterhalten werden kann; ferner Alcoholica, und eng anliegende warme Kleidung. — In ausgesprochenem Grade wird ausserdem eine individuelle Disposition und eine Gewöhnung an hohe Temperaturen beobachtet.

Um dem Hitzschlag **vorzubeugen**, muss versucht werden, auf irgend einem Wege eine Wärmeabgabe des Körpers zu erreichen. In den Tropen sind, ausser zweckmässiger Kleidung und Wohnung, Vermeiden von Körperbewegungen, mässige Nahrung, Bewegung der Luft durch Fächer u.s.w. und häufigere kalte Uebergiessungen indicirt. Bei den militärischen Märschen ist, falls gefahrdrohende Witterungsverhältnisse vorliegen, die Kleidung, Nahrung und Getränkaufnahme zu reguliren, die Märsche sind nicht zu forciren und so viel als möglich auf die Nachtzeit zu verlegen, die Colonnen sind möglichst weit auseinander zu ziehen, um eine Circulation von Luft und so die Möglichkeit einer gewissen Wärmeabgabe für die im Innern der Colonne marschirenden Mannschaften herzustellen.

Abweichende Symptome kommen an sonnigen Tagen dadurch zu Stande, dass nicht sowohl eine allseitige Hemmung der Wärmeabgabe eintritt, sondern eine zu intensive Erhitzung des Körpers durch directe Sonnenstrahlung. Diese ruft den sogenannten **Sonnenstich** hervor. In leichteren Fällen entsteht durch starke Insolation an den unbedeckten Hautstellen eine kurz verlaufende Hyperämie oder eine Dermatitis mit Entzündung und Transsudation. In schweren Fällen kommt es zu meningitischen Erscheinungen, zu excessiver Steigerung der Körpertemperatur und zum Tod durch Wärmestarre des Herzmuskels.

Der Sonnenstich tritt um so eher ein, je intensiver die Wirkung der Strahlen auf den Körper ist; also namentlich bei senkrecht auffallenden Strahlen, ferner bei klarem Himmel und bei möglichst dünner Schicht der Atmosphäre. In den tropischen Continenten und auf höheren Bergen ist er daher am häufigsten; ferner auch beim Aufenthalt auf Wasser oder auf Gletschern, wo die reflektirten Strahlen mit zur Wirkung gelangen.

Es ist relativ leicht, gegen die directen Insolationswirkungen Schutz zu finden, und zwar durch Einschaltung irgend einer Bedeckung, welche zur Absorption der Strahlen ungeeignet ist. Am besten giebt man den Bekleidungsstücken weisse Farbe; ausserdem ist namentlich für locker sitzende, mit Oeffnungen für Luft versehene und gleichzeitig den Nacken schützende Kopfbedeckungen zu sorgen.

Chronische partielle Wärmestauung kann durch länger anhaltende Einwirkung mässig hoher Temperatur zu Stande kommen. Eine Periode mit Tagesmitteln über 25°, namentlich wenn die nächtliche Abkühlung gering und die Luft feucht und wenig bewegt ist, wird bereits von vielen Menschen schlecht ertragen. Derartige Temperaturen kommen auch in unseren Breiten fast in jedem Sommer vor und führen bei manchen empfindlichen Individuen zu ausgesprochenen Störungen. Innerhalb der Wohnungen kann es in Folge der Insolationswärme der Mauern zu besonderer Steigerung der Wärme und Erschwerung der Wärmeabgabe kommen (s. Kap. Wohnung).

In tropischen Klimaten stellt sich als erste Folge einer andauernden Erschwerung der Wärme- und Wasserdampfabgabe durch warme

und feuchte Luft eine Erschlaffung und ein Schwächegefühl des Körpers her („Tropenanämie"). Worauf dieser Zustand beruht, ist noch unentschieden. Neuere Untersuchungen haben Unterschiede in der Zahl der rothen Blutkörperchen, im Gehalt des Bluts an Hämoglobin, im spec. Gewicht und Wassergehalt des Bluts nicht erkennen lassen.

Bei längerer Dauer der Anämie stellt sich fast regelmässig eine Vergrösserung der Leber und auch wohl der Milz ein. Ausserdem werden beim Aufenthalt in den Tropen noch folgende Symptome beobachtet: Die Zahl der Athemzüge ist etwas gesteigert, die Tiefe derselben geringer; der Puls ist weniger voll und kräftig; die Körperwärme ist häufig, namentlich Nachmittags und Abends, um Bruchteile eines Grades über die Norm erhöht. Die Urinsekretion ist stark vermindert; die Haut wird in Folge der massenhaften Sekretion von Schweiss und der ersten Durchfeuchtung erschlafft. Der Schlaf ist unruhig und ungenügend. Die Verdauung ist oft gestört, und es besteht grosse Neigung zu Diarrhoe und schwereren Darmerkrankungen. Für diese Abnormitäten des Intestinaltraktus wird von den Colonialärzten theils die massenhafte Aufnahme von Getränk, theils die reichliche Entziehung von Chloriden durch den Schweiss, und die daraus resultirende Verarmung des Magensaftes an Salzsäure verantwortlich gemacht. Wahrscheinlich führt aber auch die erwähnte Veränderung der Blutbeschaffenheit zu Abnormitäten der Verdauungssäfte.

Unter dem Einfluss der Anämie, der Verdauungsstörungen und Appetitlosigkeit tritt eine Erschlaffung des ganzen Körpers und ein Resistenzmangel desselben ein. Infektiöse Krankheiten werden unter solchen Verhältnissen besonders leicht acquirirt und nehmen ungünstigen Verlauf. — Ferner stellt sich in Folge der Erschlaffung der Haut eine ausserordentliche Empfindlichkeit gegen die geringfügigsten Temperaturschwankungen her, und die Menschen sind daher sehr disponirt zur Acquirirung von Erkältungskrankheiten.

Indirect werden hohe Temperaturen dadurch hygienisch bedeutungsvoll, dass sie die Vermehrung saprophytischer und infektiöser Mikroorganismen in unserer Umgebung befördern. Daher werden in heissen Klimaten resp. im Hochsommer zahlreiche Bakterien in den Verdauungstraktus eingeführt, die um so leichter zu Störungen Anlass geben, weil die persönliche Empfänglichkeit durch die oben betonte schlechtere Qualität der Verdauungssäfte gesteigert ist.

Die **Schutzmaassregeln** gegen die aus anhaltend heisser Witterung entstehenden Gesundheitsstörungen stimmen zum Theil mit den gegen den Hitzschlag empfohlenen Maassregeln überein. Für mässige, eben ausreichende Nahrungsaufnahme, mässige Muskelarbeit, leichte Kleidung ist in erster Linie zu sorgen; Lage und Einrichtung des

Wohnhauses ist so zu wählen, dass dasselbe Schutz gegen excessive Temperaturen gewährt; durch häufige kalte Waschungen und den Gebrauch grosser Fächer ist die Wärmeabgabe zu unterstützen (vgl. Kap. „Wohnung"). — Gegen die Aufnahme schädigender Mikroorganismen ist durch Kochen der Nahrung, kühle Aufbewahrung derselben, durch tadelloses Wasser u. s. w. Schutz zu suchen (vgl. Kapitel X).

b) Die Einwirkung niedriger Temperaturen.

Erfrierungen einzelner Körpertheile oder des ganzen Körpers kommen nicht zu Stande, so lange die Möglichkeit zu genügender Bekleidung, ausgiebigen Muskelbewegungen und reichlicher Nahrungsaufnahme gegeben ist. Erst wenn einer dieser Faktoren versagt, z. B. im Schlaf, ferner wenn Störungen des Verdauungsapparates vorliegen und nicht reichlich Nahrung assimilirt werden kann, droht Gefahr für die Gesundheit und das Leben.

Zunächst entsteht dann eine merkliche Abkühlung der peripheren Körpertheile. Die Blutgefässe der Haut erscheinen hier Anfangs contrahirt; dann aber tritt Gefässlähmung, Hyperämie und Schwellung und gleichzeitig um so stärkere Entwärmung ein. Bei weiterer Kälteeinwirkung erfolgt dann Erfrieren der peripheren Theile und damit eine Zerstörung der zelligen Elemente und mehr oder weniger ausgedehnte Nekrose. Während dieser Process an den Extremitäten abläuft, macht sich gleichzeitig in Folge der ausgedehnten Contraction der Hautgefässe Congestion in Lunge und Gehirn geltend, und in Folge dessen Beklemmung und Kopfschmerz. In späteren Stadien steigern sich die Cerebralsymptome; es tritt Schwindel, Betäubung ein und schliesslich der Tod durch Lähmung der nervösen Centralorgane.

Am leichtesten kommt eine derartige Kältewirkung zu Stande bei stark bewegter kalter Luft; eine Temperatur von -30° bei Windstille ist weniger empfindlich als eine Temperatur von -10° bei starkem Wind. Ferner kann bei relativ hoher Luftwärme starke Abkühlung des Körpers erfolgen durch intensive Ausstrahlung; bei völlig heiterem Himmel vermögen selbst Tropennächte zum Erfrieren zu führen. In hohem Grade unterstützt wird der schädigende Einfluss der Kälte durch Alkoholgenuss, der zwar Hyperämie der Haut und dadurch zunächst Wärmegefühl, aber dann auch um so vermehrte Wärmeabgabe herbeiführt.

Bei geringerem Grade der Einwirkung können durch niedere Temperaturen **Erkältungskrankheiten** hervorgerufen werden.

Ueber das Wesen der Erkältung haben wir noch wenig sichere experimentell begründete Vorstellungen. Wir dürfen annehmen, dass Erkältungen wesentlich durch intensive oder anhaltende Wärmeentziehungen von der Haut zu Stande kommen, die zu fühlbarer Abkühlung der Hautnerven führen. Eine directe Schädigung der Schleimhäute des Respirationstractus durch kalte Luft scheint gar nicht oder selten Ursache von Erkältungen

dieser Organe zu sein, da das Hinaustreten aus dem 20° warmen Zimmer in kalte Winterluft bei genügendem Hautschutz keine Störung zu veranlassen pflegt. Betrachtet man die Wirkung eines Kältereizes auf die Haut, so resultirt zunächst allerdings Zusammenziehung der Blutgefässe und Anämie der Haut, aber dieser Zustand dauert nur sehr kurze Zeit; normaler Weise tritt sehr rasch eine Reaktion ein: die Haut röthet sich und wir bekommen Wärmeempfindung, d. h. es haben die vom Kältereiz getroffenen Hautnerven vasomotorische Centren zur Wiedererweiterung der Hautgefässe angeregt. In dieser Reaktion liegt vermuthlich unser normaler Schutz gegen Kältewirkung; ihr ist es zu danken, dass ein eigentliches Kältegefühl in den Hautnerven gar nicht zu Stande kommt. In typischer Weise sehen wir einen solchen Reaktionsvorgang verlaufen z. B. bei einer kalten Uebergiessung des Körpers.

Nun aber können die Hautnerven durch Verweichlichung, d. h. durch Mangel an Uebung erschlaffen; sie dürfen nicht für zu lange Zeit des Kältereizes und der Auslösung der Reaktion entwöhnt werden. Es tritt das besonders hervor bei solchen Körpertheilen, welche für gewöhnlich bedeckt und gegen Kältewirkung geschützt gehalten werden. Während Hände und Gesicht sich stets reaktionsfähig zeigen, vermögen die Hautnerven einer Halsparthie, welche durch warme Kleidung vor Kältereizen bewahrt war, keine Reaktion zu zeigen, sobald der Hals ausnahmsweise entblösst und von kalter Luft getroffen wird. Andererseits wird die Reaktion unterstützt durch Uebung der Haut, durch systematische Gewöhnung an normale Kältereize, z. B. kalte Abwaschungen. — Ferner kann durch Körperbewegung einem schädlichen Einfluss der Kältewirkung vorgebeugt werden, weil dann durch die beschleunigte Circulation und die Gefässerregung der Haut mehr Wärme zugeführt und die Kälteempfindung gehindert wird. Bei Körperruhe dagegen, und besonders im Schlaf, kommt es viel leichter zu einem Versagen der schützenden Reaktion.

Eine schädliche Kältewirkung entsteht, sobald fühlbare Abkühlung der Haut eintritt. Diese Erscheinung tritt ein bei jeder zu lange anhaltenden Kältewirkung auf ausgedehntere Hautparthieen. In Folge der Hauthyperämie kommt es zu gesteigerter Wärmeabgabe, schliesslich fehlt für die massenhafte Abfuhr der entsprechende Ersatz und es kommt eine fühlbare Abkühlung der Haut zu Stande, die dann wieder eine Contraktion der Blutgefässe herbeiführt. — Weit häufiger kommen aber lokale Wärmeentziehungen von kleineren empfindlichen Hautbezirken aus in Betracht. Die vorerwähnten, gewöhnlich geschützten und an Kälte nicht gewöhnten Körpergegenden; ferner die peripher gelegenen Theile und namentlich die Füsse, die relativ am schwersten auf normaler Wärme zu erhalten sind, können bei sonst warmem Körper eine fühlbare Abkühlung erfahren.

Eine besondere Gefahr liegt ferner dann vor, wenn vorher durch Aufenthalt bei hoher Temperatur oder durch starke Muskelarbeit Hyperämie der Haut und Schweisssekretion eingetreten war und nun bei Körperruhe stärkere theilweise Abkühlung eintritt. Unter solchen Verhältnissen pflegt die schützende Reaktion völlig zu versagen; um so leichter, je ausgiebiger der schwitzenden Haut durch Verdunstung Wärme entzogen wird. — Ferner löst eine allmähliche, aber anhaltende locale Wärmeentziehung, wie sie z. B. durch feuchte Kleidung und Schuhwerk zu Stande kommt, bei vielen Menschen Kältegefühl aus. Manche zeigen endlich eine besondere Empfindlichkeit gegen die durch bewegte und auf beschränkte Stellen des Körpers auftreffende Luft erfolgende Wärme-

entziehung („Zugluft"). Zuweilen können Neuralgieen innerhalb weniger Stunden nach vorübergehender Einwirkung solcher Zugluft sich einstellen.

Sobald diese Kältereize ein Erkalten der Nervenenden der Haut herbeiführen, resultiren von diesen aus reflektorisch Störungen in den vasomotorischen Centren. In welcher Weise dann die bei den katarrhalischen Krankheiten beobachteten pathologischen Aenderungen der Schleimhäute zu Stande kommen, darüber fehlt es noch an begründeten Vorstellungen. An den sich entwickelnden Krankheitsprocessen betheiligen sich schliesslich in hervorragender Weise die Mikroorganismen, welche in den normalen Sekreten vorhanden und nur gegenüber der völlig intakten Schleimhaut ohne Gefahr sind. Ausbreitung und Verlauf des Krankheitsprocesses pflegen ganz von der Art der zufällig vorhandenen Bakterien abhängig zu sein.

Diejenigen Witterungsverhältnisse, welche am leichtesten zu Erkältungskrankheiten Anlass geben, sind:

1) heftige, kühle Winde. Dieselben können im Freien trotz aller Schutzvorkehrungen zu starke Entwärmung des Körpers veranlassen, sie können selbst in den Wohnräumen sich fühlbar machen und eventuell Zugluft bewirken;

2) plötzliche Temperaturschwankungen. Nicht etwa die Schwankungen, die sich im Laufe eines Jahres oder eines Monats vollziehen, und denen wir durch unsere künstlichen Regulireinrichtungen vollauf begegnen können; sondern Schwankungen, die so rasch zu Stande kommen, dass eine entsprechende Regulirung der künstlichen Einrichtungen zur Erhaltung der Eigenwärme, Kleidung, Heizung u. s. w., auf Schwierigkeiten stösst. In dieser Beziehung ist nicht nur plötzlicher Abfall der Temperatur bedeutungsvoll, sondern auch plötzliche Steigerung; denn diese führt dann leicht zu einer Ueberhitzung des Körpers und im Gefolge davon zu einer um so leichteren Schädigung durch kühlere Winde.

3) Niederschläge, welche zu Bodennässe und zur Durchnässung des Schuhzeugs, oder zur Durchfeuchtung der Kleidung und damit zu abnormer Wärmeentziehung führen.

Als besonders für Erkältungskrankheiten disponirende Klimate werden wir bezeichnen dürfen:

1) ein feuchtes tropisches Klima, in welchem es während des grössten Theils des Jahres an normalen Kältereizen fehlt, und in welchem daher eine Verweichlichung der Haut zu Stande kommt. In solchem Klima kann eine Temperaturerniedrigung von 30° auf 24°, namentlich wenn gleichzeitig die Luft bewegt ist, schon Frostschauer und Erkältungen auslösen;

2) ein Klima, in welchem heftige kalte Winde und Niederschläge mit Bodennässe vorherrschen;

3) ein Klima, welches vielfache plötzliche Schwankungen der Temperatur darbietet. Zwar lässt sich schliesslich allen Schwankungen durch genaue Anpassung der künstlichen Schutzvorrichtungen begegnen, und bei fehlerfreier Handhabung dieser Vorrichtungen braucht auch ein an Schwankungen reiches Klima nicht zu Erkältungen zu führen. Aber je vielseitiger der anzuwendende künstliche Apparat ist, je häufiger eingreifende Regulirungen erforderlich sind, um so leichter werden Missgriffe und schädigende Temperatureinflüsse zu Stande kommen. Besonders bedenklich sind Perioden abnormer Witterung — Eintritt grösserer Wärme zur Winterszeit, Rückfall von Kälte während des Sommers —, weil sie in überraschender Weise eine völlige Aenderung unserer Gewohnheiten erfordern.

Die bisherigen meteorologischen Daten geben uns leider einen nur sehr unvollkommenen Aufschluss über diese hygienisch interessanten Schwankungen der Temperatur. Die am sorgfältigsten registrirten Jahresschwankungen und Monatsschwankungen sind für uns nur von sehr geringem Interesse. Weit wichtiger erscheint die Veränderlichkeit der Temperatur im Laufe des Tages und die Veränderlichkeit von Tag zu Tag.

Auch diese Ausdrücke kommen aber nicht zur richtigen Darstellung, wenn nur die Mittelwerthe angegeben werden. Die durchschnittliche tägliche Amplitude bewegt sich z. B. in München zwischen 4° und 9,4°; an einigen Tagen kommen dagegen Tagesschwankungen von 22—23° vor. Gerade diese mehr vereinzelten excessiven Schwankungen sind es aber, die uns interessiren. Ebenso müssen wir auch bei der Veränderlichkeit von Tag zu Tag die Intensität der Schwankungen unverwischt zum Ausdruck zu bekommen suchen.

Ferner sind Schwankungen von gleicher Intensität nicht gleichwerthig, wenn sie in verschiedener Temperaturlage und zu verschiedener Tageszeit verlaufen. Ein Temperaturabfall von 26° auf 16° erfordert bei weitem nicht so eingreifende Aenderung unserer Gewohnheiten und das Ingangsetzen so neuer Regulirvorrichtungen, wie ein solcher von 16° auf 6°; und wiederum ist die Wirkung auf den Menschen viel leichter störend, wenn die Aenderung etwa zwischen Mittag und Abend, als wenn sie über Nacht sich vollzieht. Ebenso sind Schwankungen unter 0° weit weniger bedenklich, als solche, die von 0° in die Temperaturlage von + 8° bis + 10° heraufreichen; ohne sehr aufmerksame Regulirung der Kleidung und Wohnung führen diese letzteren äusserst leicht zu Ueberhitzung des Körpers.

Vor allem ist es aber für die Beurtheilung der einzelnen Schwankung noch sehr wichtig, in welcher Weise sich gleichzeitig die übrigen klimatischen Faktoren verhalten. Es ist oben hervorgehoben, dass in erster Linie der Wind und daneben die Feuchtigkeit eine wesentliche Rolle beim Zustandekommen der Erkältungskrankheiten spielen. Gleiche Temperaturen haben einen ganz verschiedenen entwärmenden Effekt, je nachdem sie das eine Mal von heftigen Winden, das andere Mal von ruhigem und trockenem Wetter begleitet sind. Es wäre dringend erwünscht, den entwärmenden Einfluss namentlich des Windes so zu berücksichtigen, dass der jeweiligen Entwärmung unseres Körpers dadurch Rechnung getragen wird. — Auch bei den Wirkungen excessiv

hoher und niedriger Temperaturen sind, wie wir oben gesehen haben, stets andere klimatische Faktoren gleichzeitig betheiligt.

Erst durch eine wesentlich andere Art der Registrirung können daher die hygienisch interessanten Beziehungen der Lufttemperatur richtig erkannt werden (vgl. S. 128).

B. Die Luftfeuchtigkeit.

Verhalten des Wasserdampfes in der Luft. Der beim Verdunsten des Wassers gebildete Wasserdampf vertheilt sich gleichmässig in der Luft und übt dort einen gewissen Druck aus, so dass das Barometer um einige Millimeter fallen müsste, wenn die Luft plötzlich getrocknet würde. Die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes kann durch den von demselben ausgeübten Druck (Spannung, Tension) gemessen werden; man giebt daher die Wasserdampfmenge gewöhnlich in Millimetern Quecksilbersäule an. — Mit steigender Temperatur vergrössert sich das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf; je heisser daher die Luft, um so höher kann der Druck des Wasserdampfes steigen. Für jeden Temperaturgrad ist aber die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf scharf begrenzt, es existirt für jeden Grad ein Zustand der Sättigung mit Wasserdampf oder der maximalen Tension des Wasserdampfes; sobald Temperaturerniedrigung eintritt, muss Condensation von Wasserdampf oder Thaubildung eintreten, da nunmehr die der höheren Temperatur entsprechende Wasserdampfmenge nicht mehr von der kälteren Luft in Dampfform behalten werden kann (vgl. die Tabelle im Anhang).

Für gewöhnlich aber ist die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt, sondern enthält eine geringere Menge, so dass bei der betreffenden Temperatur noch mehr in Dampfform aufgenommen werden könnte. Um den daraus resultirenden Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurtheilen, bestimmt oder berechnet man folgende Grössen:

1) Die absolute Feuchtigkeit, d. h. diejenige Menge Wasserdampf in Millimetern Hg oder in Gramm oder Liter pro 1 cbm Luft ausgedrückt, welche zur Zeit wirklich in der Luft enthalten ist. Dieser Ausdruck bildet gewöhnlich die Grundlage für die Berechnung der übrigen Faktoren.

2) Die relative Feuchtigkeit oder die Feuchtigkeitsprocente geben die vorhandene Feuchtigkeit an in Procenten der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen Feuchtigkeit. Bezeichnet man die maximale Feuchtigkeit mit F, die absolute mit F_0, so sucht die relative Feuchtigkeit das Verhältniss $\frac{F_0}{F}$ anzugeben oder in Procenten berechnet $\frac{100\ F_0}{F}$.

3) Das Sättigungs(Spannungs-)deficit; misst die Differenz zwischen maximaler und wirklich vorhandener absoluter Feuchtigkeit, also $F - F_0$; dasselbe wird ausgedrückt entweder in Millimeter Quecksilber (Spannungsdeficit) oder in Gramm Wasserdampf auf 1 cbm Luft (Sättigungsdeficit). Beide Ausdrücke zeigen geringe, für gewöhnlich zu vernachlässigende Differenzen; im Folgenden wird der Ausdruck Sättigungsdeficit auch für die Spannungsdifferenz gebraucht.

4) Der Thaupunkt, d. h. diejenige Temperatur, für welche augenblicklich die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, oder: für welche F_0 die Bedeutung von F hat. Sobald diese Temperatur um ein Minimum erniedrigt wird, muss Condensation, Thaubildung eintreten. Die Thaupunktsbestimmung dient wesentlich zur Wetterprognose.

Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

1) Bestimmung durch Wägung des Wasserdampfs, welcher aus einem gemessenen Luftvolum durch Schwefelsäure oder Calciumchlorid absorbirt ist.

2) Condensationshygrometer; bestimmen den Thaupunkt und aus diesem mit Hülfe der oben gegebenen Tabelle die absolute Feuchtigkeit. Ein kleines cylindrisches Gefäss, welches aussen mit einer glänzend polirten Silberbekleidung versehen ist, wird künstlich abgekühlt; mit Hülfe von empfindlichen Thermometern wird genau beobachtet, bei welcher Temperatur Thaubildung auf der Silberfläche eintritt. (Daniel, Regnault.)

3) Haarhygrometer; entfettete Haare oder Strohfasern oder Streifen thierischer Membranen verkürzen sich bei relativ trockener Luft und verlängern sich mit steigender relativer Feuchtigkeit. Sie können leicht in passender Weise aufgehängt und mit einem Zeiger verbunden werden, der sich auf einer Skala bewegt; die Zahlen der empirisch geaichten Skala geben dann direct die Feuchtigkeitsprocente an. Die Instrumente sind sehr veränderlich und müssen häufig controlirt werden.

4) Atmometer; messen das in der Zeiteinheit von einer bekannten Fläche verdunstete Wasser und, da dieses in ruhiger Luft und bei gleichem Luftdruck von dem Sättigungsdeficit abhängt, liefern sie directe Bestimmungen dieses Ausdrucks. Mit den bisher construirten Atmometern sind jedoch zuverlässige Angaben nicht zu erhalten.

5) Psychrometer. Man beobachtet zwei Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin umhüllt und mit Wasser befeuchtet ist; an dem feuchten Thermometer wird Wasser verdunsten und zwar um so energischer, je trockener die Luft und je niedriger der Barometerstand ist; entsprechend dem Grade der Wasserverdunstung wird mehr oder weniger Wärme latent und das feuchte Thermometer muss eine um so niedrigere Temperatur gegenüber dem trockenen Thermometer zeigen, je austrocknender die Luft wirkt. Man wartet bis das feuchte Thermometer seinen tiefsten Stand erreicht hat, liest dann ab und berechnet aus der Temperatur des trockenen und des feuchten Thermometers nach einer einfachen Gleichung oder mit Hülfe von Tabellen die absolute Feuchtigkeit.

Das Psychrometer liefert ungenaue Angaben, sobald die Windgeschwindigkeit, welche die Verdunstung gleichfalls energisch beeinflusst, wechselt. Vergleichbare Werthe erhält man daher sowohl im Freien, wie besonders in der Zimmerluft nur dann, wenn man stets einen Luftstrom von gleicher Geschwindigkeit über die feuchte Kugel streichen lässt. Dies lässt sich erreichen durch Assmann's Aspirationspsychrometer, bei welchem neben dem S. 92 beschriebenen trockenen Thermometer sich noch ein solches mit befeuchteter Kugel befindet. — Oder man befestigt das feuchte Thermometer an einer 1 m langen Schnur und schwingt es einmal pro Sekunde im Kreise. Mit einem solchen Schleuder-Psychrometer, das für hygienische Untersuchungen das brauchbarste Instrument ist, erhält man ausreichend genaue Werthe (s. Anhang).

Vertheilung der Luftfeuchtigkeit auf der Erdoberfläche.

1) Die Menge der **absoluten** Feuchtigkeit hängt vor allem ab von der Temperatur, sodann von der Möglichkeit zu reichlicher Wasser-

verdunstung. Maximal ist sie z. B. im mexikanischen Meerbusen bei windstillem Wetter; das Minimum finden wir in den Polargegenden.

Oertliche Vertheilung der Luftfeuchtigkeit.

	Mittlere absolute Feuchtigkeit (in mm)	Mittlere relative Feuchtigkeit (Procente)	Mittleres Sättigungs-deficit (in mm)
Archangel	3·8	80	0·9
St. Petersburg . .	4·8	82	1·1
Königsberg . . .	6·4	80	1·8
Kiel	6·7	82	1·5
Borkum	7·8	86	1·4
Berlin	6·8	74	2·6
Darmstadt	7·0	75	2·7
Breslau	6·6	75	2·5
Basel	6·7	75	2·2
Wien	6·9	72	2·1
Athen	9·1	62	5·6
Odessa	6·8	76	2·1
Tiflis	8·0	67	3·9
Bombay	19·3	77	5·8
Lahore	11·5	52	10·6
New York	6·6	67	3·2
Philadelphia . . .	7·0	68	3·3

Die Tagesschwankung der absoluten Feuchtigkeit verläuft in unseren Breiten an klaren Sommertagen so, dass kurz vor Sonnenaufgang das Minimum liegt, und zwar weil während der Nacht gewöhnlich Thaubildung eingetreten ist; dann steigt die absolute Feuchtigkeit in Folge der zunehmenden Wasserverdunstung bis etwa 9 Uhr Morgens, darauf erfolgt Abnahme bis 4 Uhr Nachmittags, weil sich unter dem Einfluss der stärkeren Erwärmung ein aufsteigender Luftstrom ausbildet, welcher einen Theil des Wasserdampfs mit sich fortführt. Von 4 Uhr ab sinkt die erkaltende Luft allmählich wieder abwärts und damit tritt Steigerung der Luftfeuchtigkeit ein bis etwa 9 Uhr Abends. Von diesem zweiten Maximum ab ist dann wieder ein Sinken der Feuchtigkeit in Folge von Condensation zu bemerken, so dass vor Sonnenaufgang das Minimum eintritt. Bei trübem Wetter wird der Gang dieser Curve mehr oder weniger verwischt; im Winter ist nur eine maximale Erhebung etwa um 2 Uhr Nachmittags und ein tiefster Stand zur Zeit des Sonnenaufgangs ausgeprägt.

Die Jahresschwankung verläuft so, dass wir im Januar die geringste, im Juli die höchste absolute Feuchtigkeit haben (s. Tab.).

2) Die **relative** Feuchtigkeit zeigt eine Tagesschwankung der Art, dass das Maximum (im Mittel 95 Procent Feuchtigkeit) zur Zeit des Sonnenaufgangs liegt. Von da nimmt sie allmählich ab, erreicht zwischen 2 und 4 Uhr das Minimum (50—60 Procent), um gegen Abend wieder zu steigen. Die Jahresschwankung zeigt im Ganzen nur geringe Differenzen; in unserem Klima haben wir im Winter die höchste relative Feuchtigkeit von 75—85 Procent; in den Sommermonaten das Minimum mit 65—75 Procent Feuchtigkeit. — Den geringsten Sättigungsprocenten, zwischen 20 und 40 Procent, begegnen wir im Frühjahr und Sommer zur Mittagszeit und bei östlichen Winden.

Jahreszeitliche Vertheilung der Luftfeuchtigkeit.

	Borkum			Königsberg			Darmstadt		
	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Deficit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Deficit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Deficit
Januar . . .	4·5	90	0·5	3·5	88	0·4	4·2	83	0·9
Februar . .	5·1	91	0·5	3·4	86	0·6	4·6	81	1·1
März . . .	5·2	86	0·8	3·8	82	0·8	4·7	73	1·7
April . . .	6·4	84	1·3	5·1	75	1·7	5·7	66	2·9
Mai	7·8	81	1·8	7·0	71	2·9	7·4	64	4·2
Juni . . .	10·6	82	2·4	9·6	72	3·7	9·6	66	4·9
Juli	12·0	82	2·6	10·9	74	3·8	11·1	68	5·3
August. . .	12·0	83	2·5	10·7	75	3·6	10·7	70	4·6
September .	10·4	86	1·8	7·3	80	1·8	9·3	74	3·3
October . .	8·0	87	1·2	6·7	83	1·4	7·0	80	1·7
November .	6·1	89	0·7	4·6	87	0·7	5·6	84	1·1
December. .	5·1	92	0·5	3·8	88	0·5	4·3	87	0·7

Die örtliche Vertheilung weist ebenfalls nur geringe Differenzen auf. Ueber den Continenten finden wir im Allgemeinen ein Jahresmittel von 70—80 Procent relativer Feuchtigkeit, an den Meeresküsten 80—90 Procent. — An der bekanntlich sehr trockenen Ostküste von Nordamerika beträgt die mittlere relative Feuchtigkeit noch nahezu 70 Procent. Die niedrigsten Zahlen, 25—30 Procent, werden beobachtet in Aegypten während der Chamsin weht; ferner an der Riviera in den Wintermonaten, wo sogar nur 15—20 Procent beobachtet werden, wenn der föhnartige, vom kälteren Hinterland aus die ligu-

rischen Alpen übersteigende und beim Absinken sich stark erwärmende Nordwind herrscht.

3) Das Sättigungsdeficit zeigt eine tägliche Periode, welche derjenigen der relativen Feuchtigkeit ähnlich ist, aber etwas grössere Excursionen macht. Die Jahresschwankung lässt ungeheuere Differenzen hervortreten (s. Tabelle S. 109); im Juni und Juli ist das Sättigungsdeficit um 500—700 Procent grösser, als im December und Januar. An warmen Sommertagen mit östlichen Winden erhebt es sich nicht selten bis zu einer Höhe von 20 mm. — Auch örtlich treten sehr starke Differenzen hervor; schon auf unserem Continent ist die Lage an der Küste gegenüber dem Inneren durch ein erheblich geringeres Sättigungsdeficit ausgezeichnet; Darmstadt z. B. zeigt ein fast doppelt so grosses mittleres Sättigungsdeficit als Borkum.

Hygienische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit.

Es liegt der Gedanke nahe, dass eine directe Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf den menschlichen Organismus dadurch zu Stande kommt, dass die Wasserdampfabgabe und durch Vermittelung dieser auch die Wärmeabgabe vom Körper quantitativ abhängig ist vom Verhalten der Luftfeuchtigkeit.

Das vom Organismus abgegebene Wasser verlässt den Körper ungefähr zu gleichen Theilen in Form von Dampf, und in flüssiger Form im Schweiss, Harn und Koth. Ist die Verdampfung behindert, so steigert sich die Menge des im Schweiss und Harn ausgeschiedenen Wassers; ist die Verdampfung reichlich, so werden jene Sekrete spärlicher.

Ist der Ersatz des durch die Haut, den Harn oder den Darm ausgeschiedenen Wassers unzureichend, so tritt zunächst ein Gefühl der Trockenheit an der Zungenwurzel und am Gaumen auf; durch diese „Durstempfindung“ erfolgt vorzugsweise die Regulierung der Wasserzufuhr. Dieselbe Trockenheitsempfindung kann aber auch durch örtliche Eintrocknung hervorgerufen werden.

Die Wasserdampfabgabe vollzieht sich theils von den Athmungsorganen, theils von der Haut aus. Von den 1300 g (im Mittel) in Dampfform ausgeschiedenen Wassers entfallen etwa 400 g (in warmen Klimaten weniger) auf die Lunge, der Rest auf die Haut.

Bisher nahm man an, dass die Wasserdampfabgabe von der Haut abhängig sei von der Verdunstungsintensität der Luft; dass also die Haut sich nicht anders verhalte wie die todte feuchte Fläche des Atmometers, deren Wasserabgabe vom Sättigungsdeficit, vom Barometerstand und von der Luftbewegung abhängt.

Ein abweichendes Verhalten wurde nur für die Athmungsluft berechnet. Man nahm an, dass diese im Mittel mit einer Temperatur von 36—37° und gesättigt mit Wasserdampf ausgeathmet wird, einerlei, welche Temperatur und Feuchtigkeit die Aussenluft hat. Bei dieser Annahme enthält die Ausathmungsluft stets circa 41 g Wasserdampf pro 1 Cubikmeter, und die Menge des in den Lungen verdampften und der Einathmungsluft zugefügten Wassers ergiebt

sich sonach, wenn die absolute Feuchtigkeit der Einathmungsluft von jenen 41 g subtrahirt wird. Die Wasserdampfabgabe durch die Athmung ist daher nach der absoluten Feuchtigkeit der Luft zu bemessen.

Neuere Experimente von Rubner zeigen aber, dass wir uns die Wasserdampfabgabe von den Flächen des lebenden Körpers nicht als einen passiven Vorgang vorstellen dürfen ähnlich der Verdunstung von todtem Substrat, sondern der Körper ist dabei ganz wesentlich aktiv betheiligt. Auch die Abhängigkeit der Wasserabgabe seitens der Lungen von der absoluten Feuchtigkeit ist nicht als genau zutreffend anzusehen; die ganze mit der verdunstenden Oberfläche in Berührung kommende Athmungsluft wird nicht immer gleichmässig erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, und ausserdem muss die bei verschiedenen Körperzuständen sehr erheblich schwankende Menge der Athmungsluft die Grösse der Wasserabgabe alteriren.

Aus den physiologischen Versuchen ergiebt sich bezüglich des Einflusses der äusseren Verhältnisse, dass die Gesammt-Wasserdampfabgabe cet. par. und namentlich bei gleichbleibender Temperatur von der relativen Feuchtigkeit abhängig ist. Bei gleicher relativer Feuchtigkeit ist dagegen die Wasserdampfabgabe vor allem von der Temperatur abhängig. Von 15° abwärts steigt sie, aber nur in Folge der Zunahme der Lungenabscheidung. Mit höherer Temperatur steigt die Wasserdampfausscheidung durch die Haut, und zwar von etwa 25° in steilerer Curve. — Wind setzt die Wasserdampfabgabe von der Haut bei 20 bis 35° erheblich herab; erst bei sehr hoher Temperatur wird sie gesteigert (Wolpert). Der Luftdruck hat wenig Einfluss.

Neben den äusseren Verhältnissen ist von grosser Bedeutung der jeweilige Zustand des Organismus; und zwar haben den stärksten Einfluss Muskelarbeit und Ernährung. Durch Muskelarbeit kann die Wasserdampfabgabe auf das Mehrfache gesteigert werden. Die Ernährung zeigt ihren Einfluss namentlich bei höherer Temperatur. Bis +15° hat die relative Feuchtigkeit den wesentlichsten Einfluss, gleichgültig welcher Art die Ernährung ist. Von 25° aufwärts zeigt sich eine unbedingte Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur, selbst beim hungernden und wenig genährten Organismus. Für die zwischenliegenden Wärmegrade, bei denen wir uns gewöhnlich befinden, gilt aber das Gesetz, dass bei stärkerer Ernährung resp. überschüssiger Nahrung eine Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur schon von 15° ab beginnt und so bedeutend wird, dass die Temperatur das bestimmende Moment für die Wasserdampfabgabe ausmacht. Die Haut kommt dann früher in den sog. „aktiven“ Zustand.

Eine unter allen Umständen normale relative Feuchtigkeit kann in Folge dieser verschiedenartigen mitwirkenden Faktoren nicht angegeben werden. Indessen ist ein Ueberschuss der Wasserdampfabgabe vom Körper zweifellos von viel geringerer hygienischer Bedeutung als

eine Hemmung. Erstere führt höchstens zu vermehrtem Durstgefühl. Eine Hemmung der Wasserdampfabgabe ist dagegen mit einer Wärmestauung verbunden, die bei höheren Temperaturgraden belästigend und gefährlich werden kann; und ausserdem erzeugen hohe Sättigungsprocente ein specifisches Gefühl der Beklemmung und Beängstigung; 70—80 Procent Feuchtigkeit werden schon bei 24° sehr schlecht ertragen, vollends bei Muskelarbeit und reichlicher Nahrung. — Bei 18—20°, Ruhe, gemischter Kost, fehlender Luftbewegung scheinen 40—60 Procent Feuchtigkeit am günstigsten zu sein; bei höheren Temperaturen 30—40 Procent. — Nur bei niederen Temperaturen unter 15° bewirkt feuchte Luft eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung im Vergleich zu kalter trockener Luft; erstere macht daher bei gleichem Temperaturgrad einen viel kälteren Eindruck. Eine Schwankung der Luftfeuchtigkeit um $12^1/_2$ Procent erzeugt eine ähnliche Vermehrung des Wärmeverlustes durch Leitung wie eine Verminderung der Temperatur um 1° (Rubner). — Extrem niedrige Feuchtigkeitsprocente sind bei niederer Temperatur ohne erhebliche Wirkung. Bei höheren Wärmegraden sind sie willkommen zur Erleichterung der Wärmeabgabe; störende Erscheinungen kommen nur vor, wenn bei sehr hohen, tropischen Temperaturen und heftigen Winden ein ungewöhnliches Austrocknen der unbedeckten Haut und der exponirten Stellen der oberflächlichen Schleimhäute eintritt, und durch starken Staubgehalt der Luft unterstützt wird.

Abgesehen von der geschilderten Beeinflussung der Wasserdampfabgabe und Wärmeabgabe des Körpers zeigt die Luftfeuchtigkeit aber noch eine Reihe von ausgesprochenen hygienischen Beziehungen, welche mit gewissen alltäglichen Beobachtungen über die Wirkung feuchter oder trockener Luft zusammenfallen. Wenn wir im gewöhnlichen Leben von trockener oder feuchter Luft sprechen, so wollen wir damit die austrocknende, das Wasser von freien Flächen zum Verdunsten bringende Kraft der Luft bezeichnen. Durch eine trockene Luft wird die Feuchtigkeit unserer Kleidung, der Schweiss, die Feuchtigkeit der Bodenoberfläche rasch verdunstet, es bildet sich Staub; Holz, Nahrungsmittel, die Vegetation vertrocknen. Gleichzeitig empfinden wir eine stärker austrocknende Luft daran, dass die Lippen und die Haut spröde werden, und dass bei offenem Munde und bei anhaltendem Sprechen Zunge und Gaumen eintrocknen und Durstempfindung auslösen.

Diese austrocknende Wirkung der Luft hat eine vielfache indirecte hygienische Bedeutung dadurch, dass die Bildung und Verbreitung von Luftstaub, die Lebensfähigkeit, die Vermehrung und Ver-

breitung der Mikroorganismen, die Wasserverhältnisse des Bodens u. a. m. von derselben abhängig sind. Bei trockener Luft hört die Vermehrung der auf dem Boden oder in irgend welchen feuchten Substraten lebenden Mikroorganismen auf; viele Arten werden sogar durch das Trocknen getödtet; dafür werden aber die resistenteren mit dem Staub in die Luft übergeführt und durch Winde verbreitet. Stellt sich ferner an der Bodenoberfläche eine trockene Zone von einiger Mächtigkeit her, so sinkt das Grundwasser und jedes Tieferspülen von Niederschlägen oder Verunreinigungen in die unteren Bodenschichten hört auf. Auch die Bewohnbarkeit von Neubauten und Kellerwohnungen, die Conservirbarkeit mancher Nahrungsmittel u. s. w. ist wesentlich von der austrocknenden Kraft der Luft abhängig.

Es ist daher für die Hygiene auch von Interesse festzustellen, welcher unter den verschiedenen Ausdrücken für das Verhalten der Luftfeuchtigkeit die verdunstende Kraft der Luft gegenüber todten Flächen am richtigsten kennzeichnet.

Aus den oben gegebenen Zahlen für die örtliche und zeitliche Vertheilung der absoluten Feuchtigkeit geht ohne Weiteres hervor, dass dieselbe uns den gewünschten Maassstab nicht giebt, dass sie sich vielmehr eher gegensätzlich verhält.

Ebensowenig wird die austrocknende Wirkung der Luft durch die relative Feuchtigkeit gemessen. Wir machen stets die Erfahrung, dass die trocknende Wirkung der Luft im Hochsommer der des Winters um ein ganz Bedeutendes überlegen ist, viel mehr als dies in den S. 109 aufgeführten zeitlichen Differenzen der relativen Feuchtigkeit hervortritt. Ferner weisen vielfache Erfahrungen der Bewohner der westlichen Vereinigten Staaten (z. B. das schnelle Austrocknen der Neubauten, der Wäsche, aufbewahrten Brodes u. s. w.) darauf hin, dass dort eine ganz erheblich trocknere Luft herrscht als auf unserem Continent; trotzdem ist die relative Feuchtigkeit dort kaum geringer als z. B. in Wien. — Die eminent austrocknende Wirkung des Chamsin ist vollauf bekannt, und doch zeigt hier die Luft immer noch höhere relative Feuchtigkeit als in den Wintermonaten an der Riviera, wo weder Menschen noch Vegetation unter austrocknender Luft zu leiden haben.

Für diese austrocknende Wirkung der Luft giebt vielmehr das Sättigungsdeficit einen richtigen Ausdruck. Die Intensität der Wasserverdunstung ist cet. par. der Grösse des Sättigungsdeficits proportional; je grösser der noch nicht mit Wasserdampf gefüllte Raum ist $(F-F_d)$, um so energischer austrocknend wirkt die Luft. Im Grunde

sind zwar für die Verdunstung noch zwei andere Faktoren in Betracht zu ziehen, die Luftbewegung und der Luftdruck. Abgesehen vom Höhenklima kommen aber bedeutende Differenzen des Luftdrucks auf der Erdoberfläche nicht vor; und es sind daher im Freien nur Sättigungsdeficit und Wind, in geschlossenen Räumen und bei Windstille sogar das Sättigungsdeficit allein maassgebend für die Verdunstung.

Die zeitliche und örtliche Vertheilung des Sättigungsdeficits harmonirt in der That mit allen unseren Erfahrungen über die Verschiedenheiten in der austrocknenden Wirkung der Jahreszeiten und Klimate. Die starken zeitlichen Differenzen stimmen mit der Thatsache überein, dass wir im Sommer ein viel schnelleres Austrocknen beobachten als im Winter; die starken örtlichen Differenzen entsprechen den Unterschieden des continentalen und des Seeklimas in Bezug auf trocknende Wirkung der Luft.

Auch das aus der relativen Feuchtigkeit in keiner Weise erklärliche Verhalten der Luftfeuchtigkeit im Westen der Vereinigten Staaten, an der Riviera und in Aegypten findet volle Erklärung, sobald man die Luftfeuchtigkeit nicht durch die relative Feuchtigkeit, sondern durch das Sättigungsdeficit misst. Der Unterschied beider Ausdrücke liegt eben wesentlich darin, dass bei gleicher relativer Feuchtigkeit, aber wechselnder Temperatur, das Sättigungsdeficit ausserordentlich verschieden ausfällt und dass im Sättigungsdeficit der Einfluss der Temperatur gleichsam mitenthalten ist. Bei $+5^{0}$ repräsentirt eine relative Feuchtigkeit von 70 Procent eine gar nicht austrocknende Luft von 2 mm Sätt.-Def., bei 35^{0} dagegen eine sehr stark trocknende Luft von 12 mm Sätt.-Def.

Im Osten der Vereinigten Staaten haben wir zwar ungefähr gleiche relative Feuchtigkeit wie bei uns, aber durchschnittlich erheblich höhere Temperatur, und daraus ergiebt sich ein erheblich grösseres Sättigungsdeficit. Bei uns haben wir im Juli eine mittlere Temperatur von 18^{0} und 68 Procent Feuchtigkeit, in Philadelphia dagegen $24 \cdot 4^{0}$ und 60 Procent Feuchtigkeit; das Sättigungsdeficit beträgt dann bei uns 4·9 mm, an letzterem Orte 9·1 mm; dementsprechend ist die austrocknende Wirkung der Luft etwa doppelt so gross. — Ebenso erklärt sich jetzt das paradoxe Verhalten Aegyptens und der Riviera. Der Chamsin zeigt bei 25—30 Procent Feuchtigkeit eine Temperatur von circa 40^{0}, das Sättigungsdeficit beträgt alsdann 40 mm; eine Zahl, welcher man eben nur in der vegetationslosen Wüste begegnet; dazu kommt noch die Wirkung der lebhaften Windbewegung. An der Riviera beobachten wir dagegen 20 Procent Feuchtigkeit bei einer gleichzeitigen

Durchschnittstemperatur von etwa 10°; das Sättigungsdeficit beträgt alsdann 7 mm, d. h. dasselbe ist immerhin noch so gering, dass von einer stark austrocknenden Wirkung nicht die Rede sein kann. — Wie schon erwähnt, sind übrigens die belästigenden Wirkungen des Chamsin und des Sirocco zu einem wesentlichen Theile durch die ungeheuren Staubmassen bedingt, mit denen die Luft während des Herrschens jener Winde erfüllt zu sein pflegt.

Im hygienischen Interesse ist somit eine Messung und Registrirung der absoluten Feuchtigkeit kaum indicirt; Bedeutung kommt dagegen für die Funktionen der Wasserdampf- und Wärmeabgabe vom Körper der relativen Feuchtigkeit zu; und neben dieser ist das Sättigungsdeficit maassgebend für die austrocknende Wirkung der Luft.

Die bisherige Registrirung der Luftfeuchtigkeit leidet unter ähnlichen Fehlern wie die der Wärme. Dadurch, dass stets nur Mittelwerthe berechnet werden, tritt ein Verwischen der einzelnen bedeutungsvollen Phasen ein; und bei jeder Einzelbeobachtung müsste die gleichzeitige Wirkung anderer einflussreicher Faktoren, z. B. des Windes, mit zum Ausdruck gebracht werden.

C. Der Luftdruck.

Messung des Luftdrucks. Wir messen den Druck der Luft gewöhnlich durch die Höhe einer Quecksilbersäule, welche der auf uns lastenden Luftsäule das Gleichgewicht hält (Quecksilberbarometer); oder durch sogenannte Holosteric-(Aneroid-)Barometer, bei welchen eine flache Dose aus elastischen Metall-Lamellen einen barometrischen Cylinder bildet, dessen Wandungen je nach der Stärke des Luftdrucks Excursionen ausführen. Die Barometerablesungen an verschiedenen Orten und zu verschiedener Zeit sind nur bei derselben Temperatur unter einander vergleichbar. Nach jeder Ablesung ist dementsprechend eine Reduction der Barometerangabe auf 0°, am einfachsten mit Hülfe von Tabellen, vorzunehmen.

Höhe einer Luftsäule, deren Druck 1 mm Hg das Gleichgewicht hält.

Barometerstand	+ 30°	+ 20°	+ 10°	0°	– 10°
780 mm	11·5 Meter	11·1 Meter	10·7 Meter	10·2 Meter	9·8 Meter
760 „	11·8 „	11·4 „	10·9 „	10·5 „	10·1 „
740 „	12·1 „	11·7 „	11·2 „	10·8 „	10·4 „
720 „	12·4 „	12·0 „	11·6 „	11·1 „	10·7 „
700 „	12·8 „	12·3 „	11·9 „	11·4 „	11·0 „
680 „	13·2 „	12·7 „	12·2 „	11·8 „	11·3 „

Will man, wie es bei meteorologischen Beobachtungen gewöhnlich der Fall ist, aus den Barometerbeobachtungen verschiedener Orte auf die augenblicklich vorhandenen Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer schliessen, so muss vorher

noch ein wichtiger lokaler Einfluss eliminirt werden, nämlich die Höhenlage des Ortes. Mit der Erhebung über die Erdoberfläche nimmt der Luftdruck in geometrischer Progression ab; und um daher vergleichbare Zahlen zu erhalten, müssen die sämmtlichen Beobachtungszahlen auf das Meeresniveau reducirt werden. Dies geschieht entweder mit Hülfe von complicirten Formeln, oder einfacher durch Tabellen, welche wenigstens eine annähernde Reduktion auszuführen gestatten. Als Beispiel sei auf die obenstehende, stark abgekürzte Tabelle verwiesen, welche angiebt, wie hoch eine Luftsäule ist, deren Druck 1 mm Hg beträgt, und zwar bei verschiedenem Barometerstand und bei verschiedenen Wärmegraden. Je nach der Temperatur und dem Luftdruck, welche während einer Ablesung geherrscht haben, sucht man in der Tabelle den Werth für die Höhe einer Luftsäule, welche im concreten Falle eine Druck-Zu- oder Abnahme um 1 mm Hg bewirkt. Dividirt man dann die Höhenlage des Ortes durch die so gefundene Zahl von Metern, so findet man diejenigen Millimeter Quecksilber, welche dem abgelesenen Barometerstand hinzu zu addiren sind, um den Barometerstand im Meeresniveau zu erhalten.

Oertliche und zeitliche Vertheilung des Luftdrucks.

Die Tagesschwankung des Luftdrucks ist in der gemässigten und kalten Zone geringfügig und unregelmässig. In den Tropen stellen sich zwei Maxima ein, am Vormittag und Abend, und zwei Minima, um 4 Uhr Früh und um 4 Uhr Nachmittags, ein. Dieser Gang der Tagesschwankung stimmt überein mit der Curve der absoluten Feuchtigkeit, und ist wesentlich dadurch bedingt, dass mit zunehmender Wärme ein aufsteigender Luftstrom und ein seitliches Abfliessen der Luft in die oberen Schichten sich einstellt, dass dagegen am Abend wieder ein Absinken der erkaltenden Luft erfolgt.

Die Monats- und Jahresschwankung zeigt in unserem Klima das Minimum im Sommer, das Maximum im Winter. Die monatliche Amplitude beträgt bei uns etwa 12—20 mm; die Jahresamplitude macht in maximo 30—40 mm aus; zwischen den Extremen mehrerer Jahre können 46—50 mm Differenz liegen, die aber immerhin erst eine Excursion um 6 Procent des gesammten Luftdrucks repräsentiren.

Die örtliche Vertheilung des Luftdrucks wird registrirt durch Isobaren, d. h. Linien, welche die Orte mit gleichem Luftdruck resp. mit gleichem Monatsmittel des Luftdrucks verbinden (die Barometerstände auf Meeresniveau reducirt). Eine Karte der Isobaren zeigt nicht wie eine Isothermenkarte Linien, welche im Allgemeinen den Breitengraden parallel laufen, sondern einzelne geschlossene Kreise, um welche concentrisch in grösserem oder geringerem Abstand die übrigen Isobaren erfolgen. Es existiren sonach lokal begrenzte Maxima und Minima, und von diesen Centren aus steigt oder fällt der Luftdruck nach allen Richtungen hin. Auch die örtliche Vergleichung lässt

indessen nur eine geringe Amplitude der Schwankungen erkennen; dieselben bewegen sich zwischen 740 und 770 mm, betragen also höchstens 2—3 Procent des gesammten Luftdrucks.

Weitaus stärkere Schwankungen resultiren aus der Höhenlage des einzelnen Ortes. Im Mittel bewirkt jede Erhebung um 11 m eine Druckabnahme um 1 mm, jedes Hinabsteigen unter das Meeresniveau eine entsprechende Steigerung.

Folgende mittlere Barometerstände sind an dauernd bewohnten hochgelegenen Ortschaften beobachtet:

Mexico	2270 Meter	586 mm Hg
Quito	2850 „	549 „ „
Pikes Peak (Colorado, N.-Am.)	4300 „	451 „ „
Dorf S. Vincente (bei Portugalete, Bolivia)	4580 „	436 „ „
Kloster Hanle (Tibet)	4610 „	433 „ „

Bei vorübergehendem Aufenthalt wurden noch niedrigere Ablesungen erhalten: so von Gebr. Schlagintweit im Himalaya bei 6780 m Höhe = 340 mm Hg; von Glaisher im Luftballon bei 8840 m Höhe = 248 mm Hg.

Andererseits sind Menschen in tiefen Bergwerken bei oft langdauerndem Aufenthalt und anstrengender Arbeit einem um 50 mm und mehr über das Normale gesteigerten Luftdruck ausgesetzt. Noch höherer Druck kommt in den sogenannten Caissons zu Stande, mit deren Hilfe Arbeiten unter Wasser ausgeführt werden. Die Arbeiter sind hier stundenlang einem Druck von 2—3 Atmosphären ausgesetzt; ferner kommt es in den Taucherglocken zu einem Druck von 6 bis 7 Atmosphären (vgl. im IX. Kap.). Die oben aufgeführten örtlich und zeitlich wechselnden Druckschwankungen des Luftmeeres verschwinden fast gegenüber diesen enorm grossen Excursionen.

Hygienische Bedeutung der Luftdruckschwankungen.

1) **Stark gesteigerter** Luftdruck ruft zunächst eine Verlangsamung und Vertiefung der Athmung hervor; gleichzeitig wird das Blut von der Peripherie des Körpers zu den inneren Organen hingedrängt; der Puls wird ein wenig verlangsamt. Bei geschlossener Tube wird das Trommelfell eingewölbt und dadurch das Gehör beeinträchtigt. Sprechen und Pfeifen ist erschwert, auch die sonstige Muskelarbeit etwas behindert. Alle diese Erscheinungen gleichen sich unter normalem Luftdruck bald wieder aus, nur bei längerem Aufenthalt bleibt abnorme Ausdehnung der Lunge leicht bestehen.

Ausser der Druckwirkung kommt noch der Einfluss der **vermehrten Sauerstoff-Aufnahme** in Frage. Da comprimirte Luft in 1 cbm eine dem stärkeren Druck entsprechend grössere Gewichtsmenge Sauerstoff enthalten muss, als weniger dichte Luft; da aber das eingeathmete Luftvolum mindestens das gleiche bleibt, so müsste eine stärkere Sauerstoffaufnahme erfolgen.

In der That wird beim Aufenthalt in comprimirter Luft das Venenblut heller; zu einer erheblichen Vermehrung des Blutsauerstoffs kommt es jedoch nicht, da das Hämoglobin schon bei etwa 400 mm Hg-Druck mit Sauerstoff gesättigt ist und eine vermehrte Aufnahme von Sauerstoff daher nur mittelst einfacher Absorption im Plasma erfolgen kann.

Bedeutendere Schädigungen werden daher selbst durch sehr stark vermehrten Luftdruck nicht ausgelöst. Dagegen muss der **Uebergang** aus der comprimirten Luft in gewöhnliche mit grösster Vorsicht erfolgen; bei zu raschem Wechsel können durch plötzlichen Austritt der im Blut absorbirten Gase in Form von Gasblasen gefährliche Gefässverstopfungen entstehen. Ferner führt der Andrang des schnell in Haut und Schleimhäute zurückströmenden Blutes zu Gefässzerreissungen und eventuell zu Blutungen der Nase, der Lungen, des Magens u. s. w.

2) **Stark verminderter** Luftdruck wirkt theils durch die Druckabnahme, theils durch Verminderung der Sauerstoffzufuhr. Erstere verursacht Erweiterung der Haut- und Schleimhautgefässe. Dieselben können sogar zerreissen und Blutungen aus Zahnfleisch, Nase, Lungen hervorrufen. Das Trommelfell wölbt sich nach aussen, Athmung und Muskelbewegungen sind erleichtert. — Nicht ohne Bedeutung ist vielleicht unter manchen Verhältnissen die mit der Abnahme des Luftdrucks sich einstellende Erleichterung der Wasserverdampfung von der Haut, wenn dieselbe auch nicht gerade hohe Werthe erreicht.

Einflussreicher ist die **verminderte Sauerstoffzufuhr** (nach einigen Autoren ausserdem die Herabsetzung des CO_2-Gehalts im Blute). In 2000—2500 m Höhe ist die im gleichen Luftvolum enthaltene Sauerstoffmenge schon um mehr als ein Viertel verringert; in 5000 m Höhe ist sie fast auf die Hälfte reducirt, so dass das gleiche Quantum Sauerstoff unter gewöhnlichem Luftdruck bei einem Gehalt der Luft von nur 11 Procent Sauerstoff aufgenommen werden würde; man kann also mit einem kurzen Ausdruck sagen, dass die Luft in 5000 m Höhe nur noch 11 Procent O enthält.

Diese rasche Sauerstoffverminderung müsste schon in mässiger Höhe von Einfluss auf den Körper sein, wenn sie nicht durch Be-

schleunigung der Blutcirculation und Vermehrung der Athemfrequenz ausgeglichen würde. Der Puls steigt bei 1000 m Erhebung um 4—5, in 4000 m Höhe um 12—20 Schläge pro Minute (einige Beobachter behaupten, dass diese Zunahme sich bei längerem Aufenthalt in gleicher Höhe wieder verliere); die Athemfrequenz ist bei 4000 m nahezu verdoppelt; die Exspirationsfähigkeit ist deutlich vermehrt. Ausserdem scheint aus den vielfach sich widersprechenden Versuchsergebnissen doch hervorzugehen, dass eine Zunahme der rothen Blutkörperchen und eine Vermehrung des Hämoglobingehalts des Blutes sich einstellt. In Folge dessen treten erfahrungsgemäss keine Symptome verminderter Sauerstoffzufuhr bis zu einer Höhe von circa 2000—2500 m auf.

Selbst in grösserer Höhe scheint aber noch ein dauernder Aufenthalt ohne Benachtheiligung des Körpers möglich zu sein in Folge einer allmählich sich ausbildenden, noch nicht genauer erkannten Anpassung des Organismus.

Erst in 4—5000 m Höhe ist schwächliche Constitution und verminderte Leistungsfähigkeit der Bewohner unausbleiblich; die Gesichtsfarbe wird blassgelb, die Muskeln sind schlaff, die Resistenz vermindert (Anoxyhémie Jourdanet's).

Bei vorübergehendem Aufenthalt in grösseren Höhen kommt es leichter zu Gesundheitsstörungen, weil den betreffenden Individuen jene Anpassung des Körpers fehlt. Es tritt dann hochgradige Ermüdung, Herzklopfen, Athemnoth, Schwindel, schliesslich Bewusstlosigkeit ein, oft kommt es zu Hämorrhagieen. An diesen Wirkungen ist sowohl die Druck- wie die Sauerstoffabnahme (vielleicht auch die geringere CO_2-Spannung des Blutes) betheiligt; die O-Abnahme wohl am wesentlichsten, da bei Ballonfahrten die Erfahrung gemacht wurde, dass durch zeitweises Einathmen von reinem Sauerstoffgas die meisten störenden Erscheinungen vermieden werden.

Die Schwankungen des Luftdrucks, wie sie in den Isobaren zum Ausdruck kommen, oder die zeitlichen Differenzen desselben äussern offenbar keinerlei directe Wirkungen auf den gesunden Menschen; nur bei abnormen Zuständen (Lungenkrankheiten) können vermuthlich Störungen, z. B. Haemoptoë, durch plötzliches Sinken des Luftdrucks ausgelöst werden. Ein indirecter Einfluss zeigt sich darin, dass die Barometerschwankungen Bewegungen der im Boden enthaltenen Luft veranlassen; beim Sinken des Luftdrucks erhebt die Bodenluft sich über die Oberfläche und dringt eventuell in unsere Woh-

nungen ein. — Ferner spielen die Luftdruckschwankungen eine Rolle beim Entstehen der sogenannten „bösen Wetter“ in Steinkohlengruben. Das in tieferen Erdspalten sich findende Methan, welches mit Luft gemengt explosiv ist, vermag in Folge eines plötzlichen Sinkens des Luftdrucks in grösserer Masse in die Gruben einzutreten und dort Explosionsgefahr zu bedingen.

D. Die Luftbewegung.

Die Bewegungsvorgänge in der Atmosphäre zeigen sich aufs Innigste abhängig von den Verhältnissen des Luftdrucks.

Messung der Luftbewegung. Die Richtung des Windes wird bestimmt durch frei aufgestellte Windfahnen, die aus zwei im Winkel von 20° gegen einander geneigten Flügeln bestehen.

Die Stärke der Luftbewegung kann entweder approximativ bestimmt werden; schwächste Strömungen durch die Ablenkung einer Kerzenflamme, durch Tabaksrauch, Flaumfedern oder dergleichen; stärkerer Wind durch Feststellung seiner Wirkung auf Baumblätter, Baumzweige u. s. w.

	Windstärke	Geschwindigkeit des Windes	Winddruck	Wirkungen des Windes
	0—6	Meter in der Secunde	Kilogr. auf den Quadratmeter	
0	Stille	0—0·5	0—0·15	Der Rauch steigt gerade oder fast gerade empor.
1	Schwach	0·5—4	0·15—1·87	Für das Gefühl merkbar, bewegt einen Wimpel.
2	Mässig	4—7	1·87—5·96	Streckt einen Wimpel, bewegt die Blätter der Bäume.
3	Frisch	7—11	5·96—15·27	Bewegt die Zweige der Bäume.
4	Stark	11—17	15·27—34·35	Bewegt grosse Zweige und schwächere Stämme.
5	Sturm	17—28	34·35—95·4	Die ganzen Bäume werden bewegt.
6	Orkan	über 28	über 95·4	Zerstörende Wirkungen.

Zu genaueren Messungen benutzt man Anemometer; entweder statische, bei denen der Druck des Windes gemessen wird, oder dynamische, bei welchen man die Geschwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen eines Rotationsapparates entnimmt (Flügel-Anemometer; Robinson'sches Schalenkreuz-Anemometer). Die nebenstehende, der 6stufigen, sog. Landskala entsprechende Tabelle giebt einen Vergleich der empirisch beobachteten Windgeschwindigkeit und der durch statische und dynamische Instrumente gemessenen. Vielfach wird eine 12stufige „Seeskala“ benutzt. — Mit grossen Schwierigkeiten ist die Wahl eines für die Aufstellung der Anemometer geeigneten Ortes verbunden. Wenige Meter über der Erdoberfläche sind Hemmnisse nicht zu vermeiden; und in grösserer Höhe sind die gefundenen Werthe mit denen in unserer Umgebung nicht vergleichbar.

Vertheilung der Luftbewegung auf der Erdoberfläche.

Die Winde, welche durch die Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer bedingt sind, werden im Allgemeinen in senkrechter Richtung zu den Isobaren nach dem Luftdrucksminimum hin oder vom Maximum weg sich bewegen; und sie werden um so raschere Strömung zeigen müssen,

klar ¼ bedeckt ½ bedeckt Regen Schnee Nebel Windstille stärkster Orkan

Fig. 57. Synoptische Witterungskarte.

je kürzer die Wegstrecke zwischen zwei Isobaren wird, je dichter letztere aufeinander rücken und je steiler also der Abfall des Luftdruckes ist. Die Beziehung zwischen der Druckdifferenz einerseits und der Wegstrecke, auf welcher sich dieselbe vollzieht, andererseits, bezeichnet man gewöhnlich als den barometrischen Gradienten. Derselbe giebt an, wie gross die Druckdifferenz ist auf eine bestimmte, einheitliche, senkrecht zu den Isobaren gemessene Weglänge. Als Einheit der Weglänge dient ein Aequatorgrad = 111 Kilometer. Je höher der Gradient, d. h. je mehr Millimeter Druckdifferenz auf 111 Kilometer Weglänge entfallen, um so rascher muss die Windbewegung sein.

Während die Lufttheilchen in solcher Weise von allen Seiten nach einem Minimum hin oder von einem Maximum weg strömen, erleiden sie noch eine gewisse Ablenkung, theils durch die Erdumdrehung, theils durch die Centrifugalkraft. In Wirklichkeit entstehen daher nicht Bewegungen in der Richtung des Gradienten, sondern es entstehen Spiralen, welche auf der nördlichen Halbkugel von links nach rechts nach dem Minimum hin, resp. vom Maximum fort sich bewegen. Die von einem Minimum beherrschten Strömungen nennt man Cyclonen, die von einem Maximum ausgehenden Winde Anticyclonen. Die letzteren zeigen eine relative Ruhe und Unveränderlichkeit, während die Cyclonen im Allgemeinen veränderliches Wetter bewirken. Minima und Maxima findet man oft in lebhaft fortschreitender Bewegung; auf der nördlichen Halbkugel wandern die Minima vorzugsweise von West nach Ost und der Wind hat hier den niederen Druck links und etwas vor sich, den höheren rechts und etwas hinter sich. Minima können sich unter Umständen mit einer Geschwindigkeit von 800—1000 Kilometer pro 24 Stunden bewegen.

Eine gute Uebersicht über die momentan herrschenden Windverhältnisse geben die synoptischen Witterungskarten (Fig. 57), die von vielen Tagesblättern publicirt werden. Auf denselben sind die Isobaren eingezeichnet; ferner Pfeile, welche die Windrichtung anzeigen (der runde Kopf des Pfeiles geht voran), und durch die Fiederung des Pfeiles die Windstärke (sechs ganze Striche bedeuten stärksten Orkan). Der Kopf der Pfeile giebt ausserdem durch die verschiedene Schattirung Aufschluss über den Grad der Bewölkung; ein Punkt neben dem Kopf bedeutet Regen u. s. w.

In der gemässigten Zone stehen die Luftströmungen unter dem Einflusse der Cyclonen und Anticyclonen; häufig findet ein regelloser Wechsel der Windrichtung und Windstärke statt. In Westeuropa herrschen im Allgemeinen West- und Südwestwinde vor und zwar unter dem Einfluss von Depressionen, welche über dem Atlantischen Ocean entstehen und von da nach Nordosten fortschreiten.

Ausserdem treten an vielen Orten lokale Ursachen für die Windbewegung hinzu. So haben wir am Meeresufer häufig lokale Land- und Seewinde; Vormittags findet in den oberen Schichten eine Strömung von dem stark erwärmten Land zur See statt, in den unteren Schichten umgekehrt, in den Abendstunden erfolgt allmählicher Ausgleich und in der Nacht stellt sich eine entgegengesetzte Strömung her wie am Tage, weil jetzt das Land stärkere Abkühlung erleidet. Ferner beobachtet man in Gebirgsthälern eine Periodicität der Luftströmungen, indem am Tage ein energisches Aufsteigen der erwärmten Thalluft, Nachts dagegen ein Niederströmen der kalten Luft eintritt. Grössere nahe der Meeresküste gelegene Gebirgsmassen pflegen oft sehr starke Temperaturdifferenzen und dadurch heftige lokale Winde zu veranlassen, so den Mistral in der Provence, die Bora in Dalmatien u. s. w.

Ausser der Richtung und Stärke des Windes ist auch seine sonstige Beschaffenheit, namentlich die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft, von Bedeutung. Für meteorologische Zwecke sucht man die mittlere Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. für jede einzelne Windrichtung aus langjährigen Beobachtungen zu ermitteln. Man erhält in dieser Weise Charakteristika der Windrichtungen und zugleich lokale Wahrscheinlichkeitszahlen für das Wetter, welches jede Windrichtung bringt.

Regelmässige zeitliche Schwankungen der Windrichtung und Windstärke kommen in unserem Klima nicht vor; wir können höchstens eine sturmreichere Jahreshälfte von Ende September bis Ende März unterscheiden gegenüber einer ruhigeren, welche sich über Sommer und Herbst erstreckt.

Ferner beobachten wir auf dem Continent bei relativ ruhigem heiteren Wetter eine Tagesschwankung in der Windstärke derart, dass dieselbe um 10 Uhr ansteigt, kurz nach Mittag das Maximum erreicht und gegen Sonnenuntergang absinkt. Es erklärt sich dieser Gang dadurch, dass in der Nacht die untere Luftschicht als die kältere dem Vermischen mit der oberen nicht ausgesetzt ist: die obere ist aber stets in viel rascherem Strömen begriffen, weil sie nicht wie die untere durch Häuser, Bodenerhebungen u. s. w. in der horizontalen Fortbewegung behindert ist. Gegen 10 Uhr Morgens aber ist die untere Luftschicht durchwärmt, wird nun nach oben gedrängt und mischt sich mit den lebhafter bewegten Schichten. Gegen Abend tritt in Folge der Bodenausstrahlung allmählich wieder die frühere Schichtung und Stagnation ein. Daher kommt es, dass sich über Nacht die stärkste Ansammlung von Gerüchen geltend macht, namentlich im Hochsommer, wo die engen Strassen und Höfe und die Souterrains der Häuser die relativ niedrigsten Temperaturen zeigen.

Angesichts der an den meisten Tagen sich vollziehenden lebhaften Schwankungen der Windstärke ist weder aus den 3 mal täglich gemachten Momentanbestimmungen, noch aus dem am Anemometer abgelesenen Gesammtwerth für 24 Stunden ein Schluss auf das wirkliche Verhalten und die eventuellen Wirkungen des Windes statthaft.

Hygienische Bedeutung der Luftbewegung.

Die Windrichtung ist stets nur bedeutungsvoll durch den begleitenden Charakter des Windes, durch die Temperatur, Feuchtigkeit, Wolken, Niederschläge, welche eine bestimmte Windrichtung mit sich zu bringen pflegt.

Die Windstärke ist direkt von bedeutendem Einfluss auf die Wärmeabgabe des Körpers. Im Freien ist in Folge der steten, selbst bei Windstille und schwachem Wind noch mit $^1/_2$ bis 2 Meter pro Sekunde Geschwindigkeit sich vollziehenden Luftbewegung die Entwärmung durch Leitung ausserordentlich erleichtert gegenüber den Wohnräumen. In tropischen Klimaten oder an heissen Sommertagen werden unter der Beihülfe stark bewegter Luft sehr hohe Temperaturen gut ertragen. Das „erfrischende“ Gefühl beim Hinaustreten aus den Wohnungen ins Freie ist wesentlich auf die bessere Entwärmung durch Leitung in der bewegten Luft zurückzuführen, durch welche die im geschlossenen Raum so leicht in gewissem Grade zu Stande kommende Wärmestauung beseitigt wird. — Andererseits befördern stärkere Winde bei kaltem Wetter in ausserordentlich hohem Grade schädliche Wirkungen durch zu intensiven Wärmeverlust (Erkältungen, Erfrierungen). — Die CO_2-Abgabe ist bei Temperaturen unter 20° im Wind grösser als

bei Windstille; bei 20—35° unverändert oder etwas herabgesetzt. — Die Wasserdampfabgabe wird bei 20—35° erheblich geringer als bei Windstille (vgl. S. 111). Diese Wirkungen steigern sich nicht proportional der Windstärke, sondern in viel langsamerer Progression (WOLPERT). — Der Körper vermag daher einer zu stark abkühlenden Wirkung des Windes bei niederer Temperatur durch gesteigerte Wärmeproduktion, bei höheren Temperaturen durch Einschränkung der Wasserverdunstung zu begegnen. Ausserdem scheint im Winde die Oberflächentemperatur des Körpers zu sinken und dadurch die Entwärmung durch Leitung allmählich geringer zu werden.

Ferner ist die zerstörende Gewalt der heftigsten Stürme und Orkane zu erwähnen, denen alljährlich eine grosse Anzahl von Menschen zum Opfer fällt. Um die Seefahrer zu schützen, sind die Sturmwarnungen von grosser Bedeutung. Sobald auf Grund telegraphischer Witterungsberichte in der deutschen Seewarte in Hamburg eine synoptische Witterungskarte zusammengestellt ist und sich aus dieser ergiebt, dass ein von dichtgedrängten Isobaren umgebenes Minimum sich gegen die Küste hin fortbewegt, werden die Häfen mit telegraphischen Warnungen versehen.

Indirect haben die Winde insofern hygienische Bedeutung, als sie ein lebhaftes Durchmischen der Atmosphäre verursachen, üble Gerüche, schädliche Gase und suspendirte Bestandtheile schnell in's Unendliche verdünnen, und eine stets gleiche Beschaffenheit der Luft garantiren. Auch eine Lüftung der Wohnungen wird nicht zum wenigsten durch die Winde ermöglicht. — Eine fernere Wirkung der Winde besteht in ihrem mächtigen Einfluss auf die Wasserverdampfung von allen freien Flächen, speciell von der Bodenoberfläche; heftigere Winde vermögen grosse Massen von Staub aufzuwirbeln und der Luft beizumengen.

E. Die Niederschläge.

Die Niederschläge entstehen durch Condensation von atmosphärischem Wasserdampf, indem kältere Luftströmungen in wärmere einbrechen oder umgekehrt; es bildet sich dann Nebel, Thau, Reif, Regen oder Schnee.

Nebel. Zur Bildung desselben ist ausser der Temperaturerniedrigung noch die Anwesenheit suspendirter Bestandtheile erforderlich (vergl. unter „Luftstaub"). Fehlen diese völlig, so bleibt jede Nebelbildung aus. Für gewöhnlich sind überall in der Atmosphäre genügend feste Körperchen vorhanden. Enthält die Luft viel Rauch, Russ und Staub, so kommen die stärksten Nebel zu Stande.

Thau und Reif entstehen nur bei klarem Himmel, weil nur dann die Ausstrahlung kräftig genug ist und besonders an den Gegenständen, die sich durch Ausstrahlung stark abkühlen, so namentlich an Pflanzen. Jede Wolke, ebenso jede leiseste Bedeckung, eine schwache Rauchschicht u. s. w., gewährt Schutz gegen Reifbildung.

Regen und Schnee. Dieselben werden gemessen in Sammelgefässen, bei denen die auffangende Fläche eine bestimmte Grösse, gewöhnlich 500 qcm besitzt.

Die Angaben erfolgen dann jedoch nicht in Cubikmetern, sondern in Millimetern Regenhöhe, d. h. es wird die Höhe der Wasserschicht angegeben, welche durch den 24stündigen Niederschlag auf der Erdoberfläche gebildet werden würde, falls kein Abfliessen, Einsickern oder Verdunsten stattfände.

Die grössten Regenmengen fallen innerhalb der tropischen Zone. Dort führt der aufsteigende warme Luftstrom enorme Mengen Wasserdampf in die höheren kälteren Luftschichten und veranlasst massenhafte Condensation. — Ferner sind Gebirge, ausgedehnte Waldungen und andere lokale Momente von bedeutendem Einfluss (s. Tab.).

Regenhöhen.

Cherrapoonjee (Ostindien)	12 520	mm
Maranhaeo (Brasilien)	7 100	„
Sierra Leone	4 800	„
Stye Pass (Schottland)	4 182	„
St. Maria (Alpen)	2 483	„
Chambery (Savoyen)	1 650	„
Baden (Schwarzwald)	1 444	„
Klausthal (Harz)	1 527	„
Norddeutsche Tiefebene	613	„
Würzburg	401	„
Breslau	400	„

Ausser der Regenmenge wird die Zahl der Regen- und Schneetage und die Vertheilung derselben auf die Jahreszeit registrirt. Die Zahl der Regentage nimmt zu mit der Erhebung über das Meeresniveau; ferner in Europa von Süden nach Norden; ausserdem mit der Annäherung an's Meer. — Während es in der Region der Passate nur innerhalb 3—5 Monaten des Jahres zu Regen kommt (z. B. in Calcutta von Juni bis September), dann aber oft regelmässig von Vorbis Nachmittag, vertheilen sich in der gemässigten Zone die Regentage auf das ganze Jahr; im Ganzen ist in Deutschland der Sommerregen, in Westfrankreich und England der Herbstregen vorherrschend. Im Sommer, resp. den Tropen regnet es ausserdem intensiver.

Die hygienische Bedeutung der Niederschläge.

Ein directer Einfluss liegt insofern vor, als durch die Niederschläge eine Durchfeuchtung der Kleidung, insbesondere des Schuhzeuges, bewirkt werden kann, die zu Erkältungen Anlass giebt.

Indirect sind die Niederschläge bedeutungsvoll einmal dadurch, dass sie einen Theilfaktor des Klimas bilden, der für die Vegetation und die Bodencultur besonders wichtig ist. Zweitens sind stärkere Niederschläge eines der wirksamsten Reinigungsmittel für Luft und Boden, ein Einfluss, der namentlich in tropischen Ländern scharf hervor-

treten muss; Staub, angesammelte Fäulnissstoffe, Mikroorganismen und eventuell Infektionserreger werden fortgeschwemmt und aus dem Bereich der Menschen entfernt. Drittens können mässige Niederschläge organisches Leben und auch die Vermehrung und Erhaltung von Mikroorganismen befördern. Viertens ist von den Niederschlägen der Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten und der Stand des Grundwassers abhängig. Allerdings kommt genau genommen nur ein gewisser Theil der Niederschläge für die Durchfeuchtung des Bodens und die Speisung des Grundwassers in Betracht; nämlich diejenige Wassermenge, welche nicht oberflächlich abfliesst und auch nicht kurze Zeit nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Wie gross dieser Antheil ausfällt, das hängt einerseits von lokalen Einflüssen, von dem Gefälle der Oberfläche, von der Durchlässigkeit des Bodens, von der Temperatur, dem Sättigungsdeficit und der Bewegung der Luft u. s. w ab; andererseits ist die Art des Regenfalls massgebend. Erfolgt dieser plötzlich in grossen Mengen, so wird der abfliessende Antheil unter den gleichen örtlichen Bedingungen viel grösser, als wenn dieselbe Regenmenge langsam und stetig innerhalb eines längeren Zeitraums niedergeht. Um daher den zum Grundwasser durchdringenden Antheil aus der gemessenen Gesammt-Regenmenge abschätzen zu können, muss man die zeitlichen Beziehungen des Regenfalls genauer berücksichtigen.

F. Sonnenscheindauer; Licht; Elektricität.

Die Wärme- und Lichtmenge, welche welche wir durch die directen Sonnenstrahlen erhalten, ist vorzugsweise abhängig vom Einfallswinkel der Strahlen, von der Dicke und Qualität der Atmosphäre und von der Dauer der Bestrahlung; für letztere ist die Tageslänge und die Bewölkung maassgebend.

Eine directe Messung der Sonnenscheindauer erfolgt durch den Campbell'schen Autographen; unter einer als Brennlinse wirkenden Glaskugel liegt ein Papierstreifen, auf dem die Tagesstunden markirt sind; die Sonne erzeugt eine beim Dazwischentreten von Wolken unterbrochene Brandlinie, deren addirte Strecken der Sonnenscheindauer entsprechen. — Die Intensität der Sonnenstrahlung kann annähernd durch das S. 92 beschriebene Vakuumthermometer bestimmt werden. Beide Werthe kombinirt ergeben ein Bild des gesammten Strahlungseffekts.

Die so gelieferte Wärmemenge hat hygienische Bedeutung zunächst durch die directe Wirkung auf den menschlichen Körper. Durch anhaltende Sonnenstrahlung kann dem Menschen selbst bei sehr kalter Aussenluft ein langer Aufenthalt im Freien ermöglicht werden, besonders wenn die Strahlungsintensität in Folge der dünneren Atmosphären-

schicht erheblich ist, wie im Hochgebirge. Andererseits wird bei hoher Luftwärme durch directe Bestrahlung des Körpers die Gefahr der Wärmestauung bedeutend gesteigert und es treten die Erscheinungen des Erythema solare hinzu (s. S. 100). — Sehr bedeutungsvoll ist die Sonnenstrahlung aber noch dadurch, dass von derselben im Sommer die Wandtemperaturen unserer Häuser und in Folge dessen die Innentemperatur unserer Wohnungen vorzugsweise abhängt (s. Kap. „Wohnung"). Auch die Bodenoberfläche zeigt unter dem Einfluss der Insolation Temperaturen, die von der Lufttemperatur wesentlich differiren und selbst in unseren Breiten zwischen 50 und 60° betragen können.

Ob directe Lichtwirkungen auf den Menschen durch die Sonnenstrahlung nur insofern zu Stande kommen, als letztere die Quelle des diffusen Tageslichtes ist, oder ob der directen Sonnen-Belichtung specielle Wirkungen (abgesehen von Blendungserscheinungen u. dgl.) zukommen, darüber liegen sichere Beobachtungen noch nicht vor. Einstweilen sind daher die Lichtwirkungen der Sonnenstrahlung und des diffusen Tageslichts gemeinsam zu besprechen.

Die hygienische Bedeutung des Lichts betrifft zunächst die normale Funktion des Sehorgans. Störende Einflüsse in dieser Beziehung kommen vorzugsweise innerhalb der Wohnungen zu Stande; hier ist daher eine genauere Messung der Lichtintensität erforderlich (s. Kap. „Wohnung").

Daneben besteht aber vielleicht auch ein Einfluss des Lichts auf andere Funktionen und auf das Allgemeinbefinden des Menschen. Durch Experimente an Thieren ist festgestellt, dass sie im Licht grössere Mengen Kohlensäure ausscheiden, als im Dunkel; und zwar ist der Grund dafür nicht etwa nur in einer Erregung der Retina zu suchen, sondern auch geblendete Thiere reagiren in derselben Weise. Es wird daher dem Licht eine Reizwirkung auf das Protoplasma zugeschrieben, welche den Zerfall der organischen Stoffe in der Zelle erhöht. Damit ist indess keineswegs ein Beweis dafür erbracht, dass das Licht für den thierischen Organismus ein unentbehrliches Agens ist, dessen Beschränkung zu schweren Schädigungen des Körpers führt. Kleinere und grössere Thiere gedeihen in dunklen Behausungen, und ein Weniger von Licht lässt oft deutliche Nachtheile nicht erkennen.

Beobachtungen an Menschen liegen vor in den Berichten verschiedener Polarexpeditionen. Es wird in diesen mehrfach die grüngelbliche Gesichtsfarbe betont, welche die Mitglieder der Expedition während des Polarwinters annehmen; ferner sollen nervöse Affectionen, Verdauungsstörungen u. s. w. auftreten. Doch ist es zweifelhaft, wie viel von diesen Symptomen auf den andauernden Lichtmangel, wie viel andererseits auf die Monotonie der Kost, der Beschäftigung u. s. w. zu

schieben ist. — Auch durch sonstige Beobachtungen an Menschen, die dem Licht wenig ausgesetzt sind (Grubenarbeiter, Kellerbewohner, die Bewohner englischer Städte während der nebligen Wintermonate) konnten erheblichere krankhafte Störungen in Folge des Lichtmangels beim Fehlen anderer Schädlichkeiten bisher nicht nachgewiesen werden.

Zweifellos sprechen aber viele Erfahrungen von Aerzten und Laien dafür, dass eine grössere oder geringere Lichtfülle erhebliche nervöse und psychische Einflüsse äussern kann, und dass für unsere Stimmung, unser Behagen und unser subjektives Wohlbefinden die Belichtung von allergrösster Bedeutung ist.

Eine wichtige indirecte hygienische Beziehung äussert das Licht ferner dadurch, dass es eine sehr mächtige Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen ausübt. Durch Sonnenlicht gehen Krankheitserreger ausnahmslos binnen 3 Stunden, durch diffuses Tageslicht binnen 3—4 Tagen zu Grunde. — In der Praxis darf man indess nicht allzuviel von dieser Wirkung des Lichts erwarten, weil nur die offen zu Tage liegenden Krankheitserreger davon betroffen werden und genug unbelichtete Infektionsquellen in jedem Krankenzimmer vorhanden sind.

Ueber das Verhalten und die Bedeutung der Luftelektricität sind wir noch ziemlich im Unklaren. Es ist nicht undenkbar, dass auch hier noch hygienische Beziehungen verborgen liegen.

Die elektrischen Entladungen in Form von Gewittern sind vom hygienischen Standpunkt nicht so bedeutungsvoll, als vielfach angenommen wird. Todesfälle und Verletzungen durch Blitz sind in unserem Klima ausserordentlich selten; in Preussen sterben durch Blitzschlag jährlich 96 Menschen (in den letzten Jahren mehr) und diese Fälle machen 1·4 Procent der Verunglückungen, 0·07 Procent aller Todesfälle aus.

II. Allgemeiner Charakter und hygienischer Einfluss von Witterung und Klima.

A. Die Witterung.

Die Witterungsverhältnisse, wie sie sich aus den meteorologischen Beobachtungen ergeben, pflegen seit lange regelmässig mit den für die gleiche Zeitperiode erhaltenen Morbiditäts- und Mortalitätsziffern zum Zweck der Auffindung ätiologischer Beziehungen verglichen zu werden.

Sowohl die Charakteristik der Witterung, wie wir sie bis jetzt aufzustellen pflegen, wie auch die übliche Mortalitätsstatistik ist indessen für diesen Zweck wenig brauchbar.

Die meteorologischen Daten berücksichtigen zu sehr die Mittelwerthe; sie lassen die Intensität der Schwankungen und das gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Faktoren nicht genügend hervor-

treten; sie geben für besonders wichtige Faktoren, z. B. die Windstärke, völlig ungenaue und unbrauchbare Werthe.

Einen vollkommeneren Einblick gewähren **graphische Darstellungen** der Witterungsverhältnisse, welche namentlich auch die Intensität der Excursionen aller **gleichzeitig** betheiligten Faktoren zur Anschauung bringen. In Fig. 58 ist die Witterung eines Theils des Februar 1885 in solcher Weise aufgezeichnet; ausser der Temperaturcurve ist die Intensität der Winde durch die Höhe der verticalen Striche auf der untersten Linie angegeben (2·5 mm = 1 Stufe der 12stufigen Skala); ferner sind die Niederschläge eingezeichnet und zwar so, dass

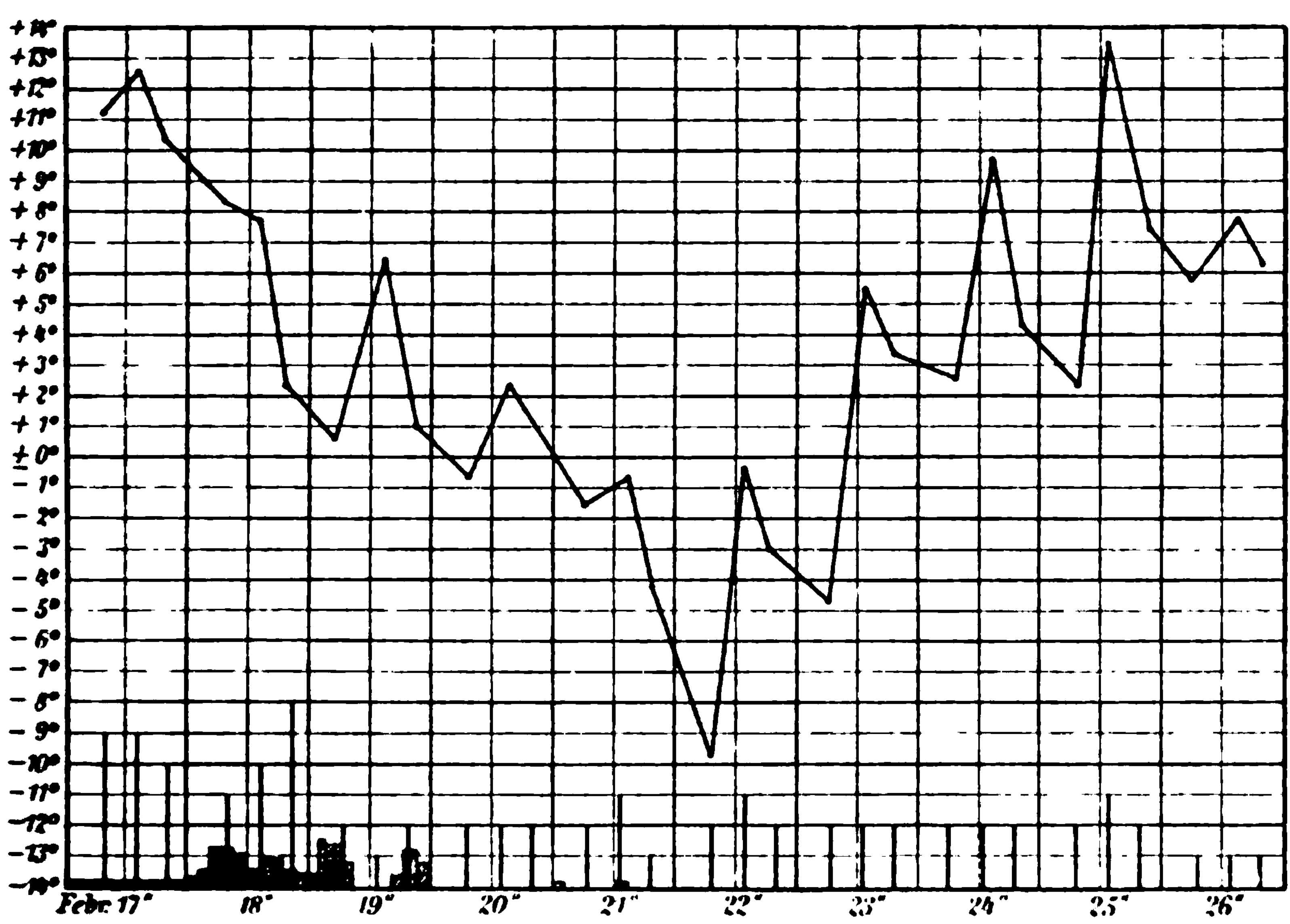


Fig. 58. Witterung vom 17.—26. Februar 1885.

deren Dauer der horizontalen Ausdehnung der Schraffirung und deren Menge dem Inhalt der schraffirten Rechtecke entspricht (1 qmm = 0·1 mm Regenhöhe). Ebenso ist es je nach Bedarf leicht, noch die Zahlen für die relative Feuchtigkeit und für das Sättigungsdeficit übersichtlich einzuordnen.

Falls die graphische Darstellung nicht anwendbar ist, kann die Methode der **Auszählung der Tage nach verschiedenen Stufen der Temperaturschwankung, der Windstärke, des Sättigungsdeficits** u. s. w. zur Anwendung kommen. Für die Tagesschwankung der Temperatur unterscheidet man dann z. B. die Stufen: 0—5°, 5—10°, mehr als 10°; für die Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag die Stufen: 0—2°, 2—4°, 4—6°, 6—8° und mehr als 8°. Aehnlich

stuft man Windstärke und Sättigungsdeficit ab und zählt alsdann, wie viele Tage von jeder Stufe innerhalb des untersuchten Zeitraums beobachtet wurden.

Eine Uebersicht der hygienisch wichtigen Witterungsverhältnisse eines Monats müsste sich danach ungefähr folgendermaassen gestalten:

Februar 1885.

Mittlere tägliche Temperaturschwankung 7·2°.

Tage mit 0—2° Temperaturschw.	0
Tage mit 2—5° Temperaturschw.	4
Tage mit 5—10° Temperaturschw.	20
Tage mit mehr als 10° Temperaturschwankung	4

Mittlere Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag 1·9°.

Tage mit 0—2° Veränderlichkeit	15
Tage mit 2—4° Veränderlichkeit	7
Tage mit 4—6° Veränderlichkeit	4
Tage mit 6—8° Veränderlichkeit	1
Tage mit Niederschlägen	12
Tage mit Bodennässe	12

Mittlere relative Feucht. 76·9 %.

Tage unter 70 % Feucht.	6
Tage mit 70—80 % Feucht.	8
Tage mit 80—90 % Feucht.	10
Tage mit mehr als 90 % Feucht.	4

Mittleres Sättigungsdeficit 0·6 mm.

Tage mit Nebel und 0 mm Sätt.-Def.	9
Tage mit 0—5 mm Sätt.-Def.	19
Tage mit 5—10 mm Sätt.-Def.	0
Tage mit mehr als 10 mm Sätt.-Def.	0

Mittlere Windgeschwindigk. 9·2 m p. Sec.

Tage mit 0—3 m Geschwindigk.	0
Tage mit 3—6 m Geschwindigk.	4
Tage mit 6—10 m Geschwindigk.	16
Tage mit 10—15 m Geschwindigk.	3
Tage mit mehr als 15 m Geschw.	5

Bei dieser Methode fehlt indess ein Einblick in die gleichzeitige, sich ergänzende Wirkung verschiedener Faktoren. Erst wenn es gelänge, mehrere bei einer hygienischen Wirkung betheiligte Faktoren zusammenzufassen, z. B. Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Windstärke in ihrer Wirkung auf die Entwärmung unseres Körpers, wird die Auszählungsmethode der graphischen Registrirung ungefähr gleichwerthig werden können.

Soweit die ungenügende Methode der Registrirung eine Charakteristik der Witterung gestattet, haben wir in Deutschland zu Anfang des Jahres, genauer von Ende Januar oder Anfang Februar ab, eine Periode, welche durch besonders intensive Schwankungen der Temperatur ausgezeichnet ist. Dieselben bewegen sich häufig in kritischen Temperaturlagen, so dass völlige Aenderung unserer Gewohnheiten erforderlich wird. Nicht selten sind sie von heftigen Winden und starken Niederschlägen begleitet. Eine derartige hygienisch bedenkliche Veränderlichkeit der Witterung erstreckt sich über den Februar, März, April; zuweilen auch noch über einen Theil des Mai. In dieser Zeit ist ausserdem die Bodenoberfläche meist kalt und nass, das Sättigungsdeficit gering. Von da ab beginnt dann eine Periode, in welcher zwar starke Tagesschwankungen der Temperatur, zuweilen auch noch erhebliche Variationen von Tag zu Tag, dann aber in wenig gefährlicher Temperaturlage, vorkommen; ausserdem werden heftigere Winde selten und Niederschläge gelangen in der stark trocknenden Luft rasch zur Verdunstung. Hier und da kommt es bereits im Mai und Juni zu Perioden ausserordentlich hoher Temperatur. Aber es erfolgt Nachts gewöhnlich noch starke Abkühlung; und die Wohnungen pflegen noch gemässigte Temperaturen zu zeigen, weil die Häusermassen nicht entsprechend

durchhitzt sind. Ende Juni, namentlich aber im Juli und August, treten fast regelmässig Perioden von sehr hoher Temperatur auf, die bei langer Dauer, geringer Windstärke und hoher Feuchtigkeit bedenklich werden können. Von Ende August ab kommt durch kühlere Nächte und interkurrirende kältere Perioden eine allmähliche Abkühlung der Häuser zu Stande. Vom September ab vollzieht sich dann der Abfall der Temperatur und der Uebergang zum Winter in einer mehr allmählichen Weise und ohne die schroffen Schwankungen des Frühjahrs. Erst im November und Anfang December kommt es wieder zuweilen zu kritischen Variationen der Temperatur, und auch zu begleitenden heftigeren Winden, zu Bodennässe und nebliger Luft, bis dann Ende December oder Anfang Januar eine Periode dauernden Frostes einzutreten pflegt.

Jahreszeitliche Vertheilung der Todesfälle.

Die Vertheilung in Deutschland geht aus dem Diagramm Nr. 59 hervor. An demselben beobachten wir zwei Erhebungen der Curve, die allerdings im Verhältniss zur Gesammtmenge der Todesfälle nur geringfügige Excursionen darstellen (bei durchschnittlich 100 Todesfällen beträgt das Minimum 91, das Maximum 112 Todesfälle pro Monat). Die eine, kürzere und niedrigere Erhebung fällt in den Hochsommer; die zweite, breitere in den Spätwinter resp. Frühling.

Um die ätiologischen Beziehungen dieses Verlaufs der Mortalitätscurve zu erkennen, wird es erforderlich sein, diejenigen Krankheiten herauszufinden, durch welche wesentlich die beiden jahreszeitlichen Erhebungen bewirkt werden. Die Statistik weist nach, dass an der **Sommerakme** ganz überwiegend das **kindliche** Lebensalter betheiligt ist, und dass **Cholera und Diarrhoea infantum** in dieser Jahreszeit die weitaus grösste Zahl von Todesfällen veranlassen. Ausserdem zeigen Ruhr, Cholera nostras und andere infektiöse Darmerkrankungen der Erwachsenen eine ausgesprochene Sommerakme.

Fig. 59. Mortalität im Deutschen Reich nach Monaten.

Die **Winterakme** betrifft dagegen mehr die höheren Lebensalter; und zwar sind die Krankheiten, welche im Spätwinter und Frühjahr hier so stark vermehrte Opfer fordern, hauptsächlich sog. Erkältungskrankheiten, Pneumonie, Bronchitis und Angina; ferner ist die Mortalität an Phthise bedeutend gesteigert; daneben ist eine deutliche Zunahme contagiöser Krankheiten im Winter zu constatiren, so der Pocken, des Scharlachfiebers und der Masern.

Unter 1000 Todesfällen an:	entfallen auf:			
	Decbr., Januar Februar	März, April, Mai	Juni, Juli, August	Septbr., October, Novbr.
Krankheiten mit Sommerakme:				
Cholera u. Diarrhoea infantum (Berlin)	50	83	701	166
Cholera asiatica (Preussen 1848—58)	62	5	278	655
Ruhr und Darmkatarrh	20	35	750	195
Krankheiten mit Winterakme:				
Tuberkulose (Berlin 1830—39) . .	265	279	230	224
Bronchitis (Berlin 1830—39) . . .	289	344	179	187
Pleuritis (London 1849—53) . . .	314	267	188	231
Pneumonie (Bayern 1871—75) . .	311	345	165	179
Pocken (Bayern 1871—75)	299	432	176	93
„ (London 1849—53)	303	272	204	221
Scharlach (Bayern 1871—75) . . .	274	274	237	215
Masern (Bayern 1871—75)	294	275	248	183

Aus einer genaueren Betrachtung dieser Krankheiten muss sich ergeben, ob die jahreszeitliche Steigerung resp. Verminderung auf directe Wirkung der Witterung zurückzuführen ist, oder ob Lebensgewohnheiten, Beschäftigungsart, Sitten und Gebräuche wesentlich betheiligt sind und die Anwendung prophylaktischer Maassregeln ermöglichen.

Eine genauere Analyse der Krankheiten mit Sommerakme zeigt, dass eine stärkere Beeinflussung der Curve der gesammten Mortalität nur ausgeht von der Cholera infantum und anderen Verdauungskrankheiten der Säuglinge. Aus der Aetiologie dieser Affektionen, die im Kapitel „Infektionskrankheiten" ausführlich besprochen werden, sei hier nur hervorgehoben, dass zwar eine gewisse Höhe der Wohnungstemperatur für ihr Zustandekommen Bedingung ist; dass aber andererseits bestimmte Lebensgewohnheiten, schlechte Wohnungseinrichtungen und mangelhafte Conservirung und Zubereitung der Milch, die endemische Verbreitung ausserordentlich befördern. — Maassregeln, durch welche eine Besserung dieser schlechten Gewohnheiten herbeigeführt wird, müssen eine bedeutende Abflachung der Mortalitätscurve bewirken, trotz völligen Gleichbleibens der Witterung.

Auch die übrigen infektiösen Darmkrankheiten sind offenbar einer Einschränkung durch gewisse Sitten und Gebräuche zugänglich, wie dies z. B. bezüglich der Cholera in eklatanter Weise aus der relativen Immunität hervorgeht, deren sich die in Indien lebenden Engländer erfreuen. Immerhin wird der Sommer auch hier die disponirende

Jahreszeit bleiben, weil die stärkere Wucherung von Bakterien in Nahrung und Wasser, der reichlichere Wassergenuss und andere Umstände dann die verschiedensten Darmaffektionen begünstigen und vermehrte Vorsichtsmaassregeln zu ihrer Verhütung nothwendig machen.

Unter den Krankheiten mit Winterakme haben die contagiösen Krankheiten den kleinsten Antheil an der Erhebung der Mortalitätscurve. Sie werden auch nur ganz indirect von der Witterung beeinflusst. Ihre Steigerung erfolgt vor Allem durch das im Winter häufigere und innigere Zusammenleben der Menschen in den Wohnungen. Je grösser der Bruchtheil der Bevölkerung ist, der im Freien lebt, und je länger derselbe sich im Freien aufhält, um so weniger Gelegenheit zur Ansteckung ist gegeben, und die Chancen für die Ausbreitung wachsen um so mehr, je mehr sich das ganze Leben der Bevölkerung innerhalb des Hauses abspielt. — Ausserdem ist für die Wintersteigerung bedeutungsvoll, dass in der kalten Jahreszeit mehr Kleidungsstücke benutzt werden, dass aber die Reinigung der Wäsche, des Körpers, der Wohnung u. s. w. auf grössere Schwierigkeiten stösst und mehr guten Willen voraussetzt, als im Sommer. Jede Beförderung der Unreinlichkeit muss im Sinne einer vermehrten Ausbreitung der contagiösen Krankheiten wirken. In Gegenden, wo die Jahreszeit die stärksten Contraste zwischen Leben im Freien und Leben im Hause bedingt, wo die Bevölkerung ein mehr indolentes Wesen zeigt, finden sich daher die stärksten Contraste zwischen der Ausbreitung der contagiösen Krankheiten in der warmen und in der kalten Jahreszeit (Constantinopel), während andere Länder nur geringe und unregelmässige Differenzen aufweisen.

Die Zunahme der Todesfälle an Phthise, welche einen sehr bedeutenden Procentsatz der gesammten Mortalität ausmachen, deutet nicht etwa darauf hin, dass die Phthise vorzugsweise im Winter acquirirt und verbreitet wird, sondern nur darauf, dass das tödtliche Ende dieser Krankheit hauptsächlich in der zweiten Hälfte des Winters und im Frühjahr eintritt. Die Ursache hierfür liegt vorzugsweise darin, dass für die Phthisiker in diesen Monaten eine erhöhte Gefahr für die Acquirirung von Erkältungskrankheiten, Bronchitis, Pneumonie, gegeben ist, die bei dieser Kategorie von Kranken leicht zum Tode führen.

Dass die Erkältungskrankheiten im Winter stark gesteigert sind, ist nach der oben gegebenen Darstellung der Witterung im Allgemeinen wohl verständlich. Die launischen Schwankungen der Temperatur namentlich gegen Ende des Winters und ihr häufiges Zusammenfallen mit heftigen Winden, Bodennässe, Niederschlägen müssen eine Steigerung dieser Krankheiten begünstigen. Ein genauerer Einblik in

die ätiologischen Beziehungen, eine Abschätzung der Bedeutung der einzelnen betheiligten Faktoren und in die Abhängigkeit der verschiedenen Erkrankungsformen von diesen ist, wie bereits oben hervorgehoben wurde, zur Zeit nicht möglich. Schon die Mängel in der Beobachtung und Registrirung der Windstärke machen jeden Versuch, den sicher vorhandenen ätiologischen Zusammenhang genauer aufzuklären, zur Zeit von vornherein aussichtslos. — Die in den letzten Jahren erschienenen Zusammenstellungen Magelssen's, Ruhemann's u. A. über die Abhängigkeit der Krankheiten von Witterungsverhältnissen sind entschieden verfrüht und völlig unbrauchbar, weil diese Autoren einseitig nur die Lufttemperatur bezw. die Sonnenscheindauer als Maassstab benutzen und ausschliesslich mit Mittelwerthen rechnen.

B. Das Klima.

Eine hygienisch brauchbare Charakterisirung der einzelnen Klimate stösst auf noch bedeutendere Schwierigkeiten, als die Charakterisirung einer Witterung, weil wir dazu der Mittelwerthe aus mehrjährigen Beobachtungen nicht entrathen können. Jedenfalls muss aber auch hier eine Auszählung der Tage von bestimmter Variation der Temperatur, von bestimmter Windstärke u. s. w. erfolgen, so dass die Intensität der einzelnen Schwankungen einigermassen hervortritt (s. S. 130). Von besonderer Wichtigkeit scheint dies für die interdiurnen Temperaturschwankungen zu sein (s. Tabelle). Schon beim Vergleich mit der Gesammt-Mortalität ergiebt sich hier eine Beziehung, insofern (in den preussischen Provinzen) die höchste Veränderlichkeit der Temperatur mit der höchsten Mortalität zusammengeht (Kremser).

Ein sehr grosser Fehler haftet allen diesen Zahlen dadurch an, dass das Zusammenwirken verschiedener klimatischer Faktoren gar nicht zum Ausdruck kommt. Mehr noch als für die Charakterisirung der Witterung würde daher für Klimaschilderungen die Aufstellung combinirter Wirkungsziffern (z. B. Entwärmungsziffer aus Temperatur, Feuchtigkeit und Windstärke) angezeigt sein. — Einstweilen können den pflanzenphänologischen Beobachtungen manche Hinweise auf hygienisch wichtige klimatische Verhältnisse entnommen werden. Theils wird dabei das Vorkommen verschiedener Pflanzen in diesem und jenem Klima zur Charakterisirung benutzt; namentlich aber werden die mittleren Eintrittszeiten der Vegetationserscheinungen (Belaubung, Blüthe, Fruchtreife, Laubverfärbung und Laubfall) bei verschiedenen allverbreiteten Pflanzen, z. B. Rosskastanie, Syringa vulgaris, Weinrebe u. s. w. registrirt.

Auch die Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik der einzelnen Kli-

Mittlere Häufigkeit von Temperaturveränderungen bestimmter Grösse (in Tagen):

Um mindestens	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	October	November	December	Jahr
						Berlin.							
2°	10·8	11·2	9·2	10·1	10·3	10·6	8·6	6·8	7·6	9·3	9·4	11·0	114·9
4	2·6	2·4	1·9	1·6	2·0	3·0	1·3	0·8	0·7	1·5	1·2	3·9	22·9
6	0·7	0·7	—	0·3	0·2	0·1	—	0·1	0·1	0·1	0·1	1·3	3·7
8	0·2	—	—	—	—	0·1	—	—	—	—	—	0·3	0·6
10	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·2
						München.							
2°	15·9	12·9	12·2	12·2	13·5	14·7	15·9	11·4	8·6	10·3	13·1	13·2	123·9
4	8·0	5·4	2·7	3·6	4·3	4·8	3·7	2·5	2·3	1·9	4·3	4·3	47·8
6	3·1	1·5	0·8	0·4	1·2	0·9	0·8	0·8	0·6	0·1	1·4	1·6	12·2
8	1·3	0·6	0·3	—	0·4	0·1	0·3	0·1	0·1	—	0·5	0·7	4·4
10	0·5	0·4	0·2	—	0·2	—	—	—	—	—	0·1	0·4	1·8
12	0·2	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2	0·6
14	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·3
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·1
						St. Petersburg.							
2°	18·1	15·9	14·1	10·5	12·5	10·6	8·2	6·6	7·4	9·6	12·6	16·4	142·7
4	10·1	8·7	6·3	2·9	3·4	2·3	1·4	0·9	1·4	2·3	4·5	8·3	52·6
6	5·7	4·4	2·7	0·7	0·7	0·4	0·2	0·1	0·2	0·4	1·5	3·0	20·1
8	2·9	2·2	0·9	0·1	0·1	0·1	—	—	—	0·1	0·5	1·8	8·8
10	1·3	1·1	0·2	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·8	3·8
12	0·6	0·5	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·3	1·6
14	0·3	0·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·7
16	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2
18	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1

mate ist noch durchaus mangelhaft. Nur wenige europäische Staaten bieten in dieser Beziehung ein einigermaassen befriedigendes Material.

Wir müssen uns daher einstweilen auf eine Abgrenzung und Charakterisirung weniger grosser klimatischer Zonen beschränken, und zwar sollen im Folgenden nur eine tropische, eine arktische, eine gemässigte Zone und das Höhenklima unterschieden werden. Die bedeutenden Differenzen, welche die verschiedenen Länder jeder einzelnen Zone immerhin noch darbieten, müssen einstweilen unberücksichtigt bleiben.

1. Die tropische (und subtropische) Zone.

Charakteristik. Tropische Klimate sind ausgezeichnet durch den regelmässigen, periodischen Ablauf der Witterungserscheinungen, während unperiodische Schwankungen und das, was wir „Wechsel der Witterung“ nennen,

fast völlig fehlen. — Meistens sind allerdings Jahreszeiten unterscheidbar, aber nicht sowohl nach der Temperatur, als vielmehr nach Winden und Niederschlägen. In einem Theil des Jahres herrschen die Passate und veranlassen trockenes Wetter. Mit dem Aufhören der Passate beginnt dann die Regenzeit, und zwar stellt dieser Regen eigentlich Sommerregen dar, da er in die Zeit des höchsten Sonnenstandes fällt; meistens bringt aber die Regenzeit in Folge der Bewölkung eine gewisse Abkühlung zu Stande und daher wird diese Periode in manchen Gegenden fälschlich als „Winter" bezeichnet.

Bemerkenswerth ist der Einfluss, den die tropische Regenzeit oft gegenüber der Anhäufung von Schmutzstoffen zeigt, welche während der trockenen Jahreszeit sehr hochgradig geworden zu sein pflegt. Die Bodenoberfläche wird abgeschwemmt, stagnirende Teiche und Flüsse werden mit reichlichem, reinem Wasser gefüllt, der Bezug guten Trinkwassers und die Reinigung der Kleider, der Wohnung u. s. w. ausserordentlich erleichtert. Es ist ohne Weiteres einleuchtend, dass in dieser Weise durch die massenhaften Niederschläge der Regenzeit an vielen Orten contagiöse und infektiöse Krankheiten in ihrer Verbreitung gehemmt werden müssen.

Entsprechend dem Wechsel der trockenen und der nassen Jahreszeit, ferner je nach der Nähe der Meeresküste variirt die Luftfeuchtigkeit in den tropischen Gebieten, und da bei hoher Temperatur die Luftfeuchtigkeit zu einem äusserst einflussreichen klimatischen Faktor wird, ist die Wirkung des tropischen Klimas, je nach Art und Jahreszeit, ausserordentlich verschieden. — Eine fernere Eigenthümlichkeit des Tropenklimas bildet die intensive Sonnenstrahlung. Das Vakuumthermometer steigt auf der besonnten Bodenoberfläche bis über 80°. Innerhalb weniger Minuten wird die entblösste Haut des Europäers unter der Tropenzone roth und schmerzhaft.

Durch die überaus günstigen Bedingungen für organisches Leben kommt es einerseits zu doppelten Ernten; andererseits zu einer enormen Anhäufung von zersetzungsfähigem Material und zu intensiven Fäulniss- und Gährungsvorgängen. Man begegnet daher einer hochgradigen Verpestung der Luft durch Fäulnissgase, wenn nicht entweder starke Trockenheit die Zersetzungen hindert oder lebhafte Winde die Gase zerstreuen.

Wesentlich abweichende klimatische Verhältnisse bieten Höhenlagen (s. unten) und einzelne insulare Gebiete.

Krankheiten der Tropenzone.

Nach allen Erfahrungen ist die Gesammt-Mortalität in den Tropen — abgesehen von den eben erwähnten Ausnahmelagen — eine sehr hohe. Genauere Zahlen fehlen; angeführt sei nur nachstehend eine Tabelle über die Mortalität der europäischen Truppen in den Tropen:

Unter 1000 Mann europäischer (französischer resp. englischer) Truppen starben jährlich in:

		Dagegen in:	
Algier 1847—46	78	Capland 1817—49	14
Senegal 1819—55	106	Neu-Seeland 1844—56	9
Sierra Leone 1819—36	483	Canada 1837—46	13
Bengalen 1838—56	70		
Britisch-Westindien 1816—46	75		

Die Steigerung der Mortalität ist vorzugsweise bedingt durch folgende Krankheiten:

Sonnenstich und Hitzschlag, die unter den Truppen in Britisch-Indien durchschnittlich 3 p. m. Todesfälle verursachen.

Schwere Formen von Anämie und Leberkrankheiten. Unter den europäischen Truppen in Indien starben an Hepatitis jährlich 2·2 p. m. In der Präsidentschaft Madras macht diese Krankheit 6 Procent aller bei den Truppen vorgekommenen Krankheitsfälle aus. Leichtere Leberaffektionen sind enorm verbreitet.

Die vorgenannten Affektionen erscheinen als schwer vermeidliche Klimakrankheiten. Zweifellos kann durch die Lebensweise, insbesondere Nahrung und Beschäftigung, die Disposition erhöht resp. verringert werden. Aber selbst bei grosser Vorsicht pflegt nach einer gewissen Zeit die eine oder andere dieser Krankheitserscheinungen bei den in tropische Länder Eingewanderten aufzutreten.

Malaria ist ausserordentlich verbreitet und tritt vielfach in perniciöser Form auf, so zwar, dass sie unbedingt den gefährlichsten Feind des tropischen Klimas darstellt. Unter den Truppen an der Sierra Leone erkrankten 32 Procent; in Ostindien 41 Procent; in Britisch-Guiana und Cayenne 70—80 Procent an Malaria. In Bombay und in Bengalen liefert die Malaria 50—60 Procent aller Erkrankungen.

Ruhr und schwerer Darmkatarrh fordern nächst der Malaria die meisten Opfer. Unter den Truppen in Bengalen kommen 13 Procent, in Britisch-Guiana 50 Procent Erkrankungen vor.

Cholera asiatica tritt in mörderischen Epidemieen auf, fordert aber nicht so viel Opfer wie die vorgenannten Krankheiten.

Cholera infantum ist in den meisten tropischen Gebieten stark verbreitet.

Auch von Erkrankungen der Respirationsorgane ist die tropische Zone nicht frei. Phthise ist, mit Ausnahme der Hochplateaus und einiger subtropischer Gebiete, fast überall verbreitet und tritt in relativ schwerer Form auf. Pneumonie ist in einzelnen Theilen Indiens, ferner in Unterägypten und Tunis selten, kommt aber in anderen tropischen Ländern häufig vor. Bronchitis und andere katarrhalische Erkrankungen werden in den Tropen in grosser Zahl beobachtet. Nur gewisse subtropische Gegenden, wie einzelne Theile Aegyptens, der Ostküste Afrikas, Californiens zeigen eine relative Immunität; ferner die Antillen und St. Helena, welch' letzteres unter der Herrschaft kühler südlicher Winde steht und daher ein im Verhältniss zu der geographischen Breite sehr gemässigtes Klima hat.

2. Die arktische Zone.

Charakteristik. Im polaren Klima tritt uns der Wechsel der Jahreszeiten in ausgesprochenster Weise entgegen.

Während des Winters fehlt die Sonnenstrahlung ganz, die Kälte ist intensiv. Auch März und April sind noch sehr kalt; erst im Mai steigt die Temperatur, und die höchste Wärme tritt im Juli-August ein. Im Herbst erfolgt langsamer Abfall der Temperatur. Selbst im Sommer fallen die Strahlen immer noch in sehr spitzem Winkel auf; trotzdem erhebt sich die Temperatur an den meisten Tagen über 0°, das geschwärzte Thermometer steigt noch in 78½° Breite bis 21° C. Der Sommer würde noch erheblich wärmer sein, wenn nicht so viel Wärme durch Schmelzen von Eis und Schnee absorbirt würde.

Die absolute Feuchtigkeit ist im Winter minimal; der Himmel fast stets heiter, Niederschläge sind selten. Im Sommer tritt oft Nebel ein, ebenso viel fache Niederschläge.

Der Winter bringt eine furchtbare Monotonie; überall zeigt sich das Bild vollkommener Gleichmässigkeit, Erstarrung und Ruhe. Unter diesen psychischen Eindrücken und unter dem Einfluss des Lichtmangels werden die Menschen Anfangs schläfrig und deprimirt; später reizbar. Gewöhnlich gesellen sich Dyspepsieen, und bei mangelnder Abwechslung in der Kost skorbutische Erscheinungen hinzu.

Mit grosser Begeisterung wird von allen Polarreisenden das erste Wiedererscheinen der Sonne geschildert. Schon mehrere Tage ehe sie selbst am Horizont erscheint, wird ihr Nahen durch prachtvolle Dämmerungsfarben angekündigt.

Der Sommer bietet dann durchweg angenehme Witterungsverhältnisse. Auch die stete Tageshelle wird in keiner Weise lästig empfunden.

Krankheiten des polaren Klimas.

Die Gesundheitsverhältnisse sind im Allgemeinen sehr günstig, abgesehen davon, dass in Island, Grönland u. s. w. ein verhältnissmässig grosser Theil der Bevölkerung verunglückt, beim Fischen ertrinkt, oder in Schneestürmen umkommt. Malaria, infektiöse Darmkrankheiten, vor allem Cholera infantum, fehlen so gut wie vollständig. Auch die asiatische Cholera hat in Nordamerika den 50., in Russland den 64. Breitengrad nicht überschritten; Island, Lappland, die Färoerinseln sind bisher frei geblieben; gleichwohl liegen beschränkte Epidemieen in noch höheren Breiten gewiss nicht ausser dem Bereich der Möglichkeit, und dass es bisher zu solchen nicht gekommen ist, daran trägt jedenfalls die Erschwerung der Einschleppung die Hauptschuld. Auch Australien und das Capland sind aus diesem Grunde bisher von Cholera verschont geblieben.

Krankheiten der Respirationsorgane sind in Island, Skandinavien, Nord-Russland u. s. w. häufig, jedoch nicht häufiger, als in der gemässigten Zone. Im hohen Norden zeigt die Witterung im Ganzen weniger gefährliche Schwankungen, als in unserem Winter und Früh-

jahr; und dabei sind dort die Einrichtungen und Gewohnheiten oft in zweckmässigerer Weise auf die Bekämpfung der Kälte und den Witterungswechsel zugeschnitten.

Phthise kommt in Island, Spitzbergen, auf den Färoer- und Shetlandinseln, den Hebriden und im nördlichen Norwegen so gut wie gar nicht vor; Pneumonieen sind in denselben Gebieten relativ selten. Dagegen werden in West-Grönland und Canada Phthise und Pneumonieen ausserordentlich häufig angetroffen. Wodurch diese eigenthümliche Differenz zwischen der östlichen und westlichen Polarregion bedingt ist, lässt sich zur Zeit noch nicht ermitteln.

3. Die gemässigte Zone.

Charakteristik. Weder erschlaffende Wärme, noch hemmende Kälte herrscht während des ganzen Jahres, sondern es findet ein solcher Wechsel der Jahreszeiten und ein so häufiges aperiodisches Schwanken der Witterung statt, dass einerseits intensive Cultur des Landes ermöglicht ist, andererseits scharfe Contraste und kräftige Reize auf den Körper einwirken. Frühling und Herbst mit ihrem stets wechselnden Wetter kommen erst in dieser Zone zu merklicher Entwickelung.

Innerhalb der gemässigten Zone findet man im Uebrigen ausserordentlich grosse klimatische Differenzen. — Die stärksten Contraste werden durch die mehr maritime oder mehr continentale Lage eines Landes bewirkt. Wie bereits früher ausgeführt wurde (S. 95), beobachteten wir im continentalen Klima die stärksten Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur; im Sommer Perioden unerträglicher Hitze, abwechselnd mit plötzlicher hochgradiger Abkühlung; im Frühjahr fortwährend schroffe Witterungswechsel; im Winter Perioden intensiver Kälte, aber auch mit Rückfällen in höhere Wärmegrade untermischt. Die Luftfeuchtigkeit ist im Sommer und Herbst gering, die Luft oft stauberfüllt; Niederschläge sind mässig, Nebel selten.

An den Küsten begegnet man erheblich gleichmässigeren Temperaturen. Im Sommer fehlt es ganz an den längeren Perioden stärkerer, erschlaffend wirkender Hitze; im Winter wird die Kälte weniger intensiv. Die Uebergänge im Frühjahr und Herbst vollziehen sich spät, aber langsam und allmählich, ohne bedeutendere Rückschläge. Meist herrschen lebhafte Winde; das Sättigungsdeficit ist gering und die Luft rein und staubfrei. Niederschläge sind relativ häufig, der Himmel oft bewölkt; leicht kommt es zu Nebelbildung.

Auch innerhalb ein und desselben Küsten- oder Binnenlandes machen sich noch vielfache klimatische Unterschiede bemerkbar. So kann das lokale Klima wesentlich beeinflusst werden, indem durch Gebirge (Riviera) oder Waldungen ein Schutz gegen die kältesten Winde gewährt wird; indem ferner durch die Lage des Ortes an einem nach S oder SW geneigten Abhang besonders starke Insolation erfolgt; indem die Bodenbeschaffenheit selbst nach stärkeren Niederschlägen ein Trockenbleiben der Bodenoberfläche garantirt u. s. w. — Von mächtigem Einfluss sind ausgedehntere Waldungen. Sie bewirken, ähnlich wie grosse Wassermassen, ein Ausgleichen der Temperatur, dadurch dass sie einer zu starken Insolation durch fortwährende Verdunstung von Wasser ent-

gegenwirken, und einer zu starken Abkühlung durch die reichlichere Feuchtigkeit der Atmosphäre und durch Wolken- und Nebelbildung vorbeugen. Ebenso ausgleichend wirken sie auf die Vertheilung der Niederschläge. Von dem gefallenen Regen halten sie einen relativ grossen Bruchtheil in der oberen lockeren Bodenschicht zurück, und dieser Antheil fällt nicht einer plötzlichen, sondern einer langsamen, mässigen Verdunstung anheim, da die Luft ein niedriges Sättigungsdeficit zeigt und die Winde nur ganz abgeschwächt zur Wirkung kommen. Die Jahresmenge der Niederschläge ist zwar bedeutend, aber dieselben gehen allmählich und nicht mit plötzlicher Gewalt nieder, weil keine Gelegenheit zu schroffen Abkühlungen und starker Condensation gegeben ist. — Ausserdem hält sich die Luft innerhalb der Waldungen aromatisch und staubfrei, und bei hoher Luftwärme wird die Entwärmung des Körpers durch Abstrahlung begünstigt (S. 97).

Krankheiten der gemässigten Zone.

Die folgende Tabelle giebt eine Statistik der Sterblichkeit der verschiedenen Lebensalter für einige Länder der gemässigten Zone. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, wie in den Ländern mit vorzugsweise continentalem Charakter des Klimas — Preussen und Oesterreich — vor allem die Säuglingssterblichkeit höher ist, als in den Ländern mit relativ stärkerer Küstenentwickelung. Berücksichtigt man die Todesursachen genauer (vgl. S. 5), so zeigt sich, dass im Binnenlande die Cholera und Diarrhoea infantum über 20 Procent der Todesfälle ausmacht; dazu kommen zahlreiche Todesfälle an Phthise, Pneumonie und Bronchitis, die zusammen ebenfalls mehr als 20 Procent der Gesammtmortalität betragen.

Altersklasse	Von 10 000 Menschen jeder Altersklasse starben in:			
	Preussen	Oesterreich	Belgien	Norwegen
0—1	2177	2582	1785	1063
1—2	577	610	530	381
2—3	281	319	269	176
3—4	178	215	171	132
4—5	130	127	125	98
5—10	94	98	127	68
10—15	42	41	64	39
15—20	49	63	76	52
20—25	69	93	103	72
25—30	82	97	112	77
30—35	106	106	127	81
35—40		126	135	91
40—45	146	149	160	96
45—50		181	171	112
50—55		242	208	186

Im Küstenklima ist die Mortalität der Kinder viel geringer, weil hier die heissen Sommermonate fehlen, die allein zahlreichere Opfer an Cholera infantum fordern. Ferner tritt an den Küsten in ganz auffälliger Weise die Frequenz der Todesfälle an Phthise zurück. Während in Deutschand im Mittel von 1000 Lebenden 3·6 an Phthise sterben (in Kassel, Breslau u. s. w. 3·7—3·8), werden in Danzig, Stettin, Amsterdam, Haag, England 2·4—2·6 Todesfälle an Tuberkulose auf je 1000 Lebende gezählt. — Die klimatischen Verhältnisse, denen dieser günstige Einfluss auf die Phthise zugeschrieben werden muss, liegen vermuthlich hauptsächlich in den selteneren und geringeren Schwankungen der Witterung, welche zu einer Verminderung der Erkältungen und dadurch zu günstigerem Verlauf der Phthise führen; ferner in den gemässigten Hochsommertemperaturen, welche es gestatten, dass selbst während dieser Jahreszeit an Stelle der körperlichen Erschlaffung, die der continentale Sommer mit sich zu bringen pflegt, reichliche Nahrungsaufnahme stattfindet und die Körperkräfte erhalten bleiben; vielleicht noch in der steten Bewegung der Luft und dem dadurch gegebenen Antrieb zu tiefen Respirationen. Auch im Seeklima hat man ausserdem eine Zunahme der rothen Blutkörperchen, ähnlich wie im Höhenklima, beobachtet. — Völlig unrichtig ist die Vorstellung, als ob das Freisein der atmosphärischen Luft von Tuberkelbacillen von wesentlicher Bedeutung sei. Die Infektionen erfolgen in ganz überwiegendem Maasse innerhalb der Wohnungen und der Keimgehalt der Wohnungsluft wird von den klimatischen Differenzen kaum berührt.

Im Uebrigen spielen bei der Mortalität einzelner Landstriche und Städte die Erwerbsverhältnisse, Ernährung und Beschäftigung eine grosse Rolle. So ist in manchen Küstenländern die geringere Entwickelung industrieller Anlagen und die vorzugsweise Beschäftigung der ärmeren Bevölkerung mit Schifffahrt und Fischfang gewiss ebenfalls bei der niederen Mortalitätsziffer der Phthise betheiligt; und wiederum die hohe Sterblichkeit zwischen dem 10. und 30. Lebensjahre in Belgien durch die dortigen ausgedehnten Arbeiterdistrikte bedingt. Auch die Bauart der Häuser, die Heizeinrichtungen, die Tracht der ländlichen Bevölkerung, eine Menge von Sitten und Gebräuchen findet man nicht selten in benachbarten Theilen eines Landes sehr verschieden; und in allen diesen Momenten ist oft eher der Grund für eine lokale Steigerung oder Verminderung der Mortalität an einzelnen Krankheiten zu suchen, als in klimatischen Differenzen.

4. Das Höhenklima.

Charakteristik. In der gemässigten Zone beginnen die Eigenthümlichkeiten des Höhenklimas etwa in 400—500 m Höhe; in niederen Breitengraden jedoch erst in bedeutend grösserer Höhe. An dem Aufhören der Vegetation und dem Beginn des ewigen Schnees lässt sich diese Abhängigkeit des Höhenklimas von der geographischen Breite am deutlichsten verfolgen; in den Anden Südamerikas erhebt sich bekanntlich die Baumregion noch bis in eine Höhe von 4000 Meter.

Die klimatischen Eigenthümlichkeiten des Höhenklimas sind folgende:

Die Temperatur erfährt eine Verminderung und ausserdem eine Aenderung, welche im Allgemeinen der vom Meere bewirkten ausgleichenden Beeinflussung ähnlich ist. Für je 100 m Erhebung nimmt die Temperatur im Mittel um 0.57° ab; diese Abnahme erfolgt aber im Sommer schneller, nämlich 1° auf 160 m Erhebung; im Winter langsamer, 1° auf 280 m. Ferner nimmt die jährliche und die tägliche Temperaturschwankung mit der Höhe ab.

Die für das Höhenklima charakteristischen Verhältnisse gelten allerdings nur für die Gipfel, Rücken, Abhänge und breiten Hochthäler, nicht dagegen für grössere Plateaus und für enge Hochthäler. Erstere können sehr starke Contraste zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter bieten, namentlich wenn ihnen die Bewaldung fehlt; und die engeren Thäler zeigen Nachts und im Winter sehr niedrige Temperaturen, weil die kalte Luft dann in ihnen herabsinkt und dort lagern bleibt.

Die absolute Feuchtigkeit ist, entsprechend den niederen Wärmegraden, sehr gering; die relative Feuchtigkeit meist hoch und das Sättigungsdeficit niedrig. Da aber im Freien stets lebhafter Wind herrscht und auch der geringe Luftdruck die Verdunstung erleichtert, kommt es trotzdem zu einer merklichen, stark trocknenden Wirkung der Luft. Diese wird sofort ausserordentlich gross, wenn etwa durch Sonnenwirkung hohe Temperatur hergestellt wird, und ebenso in beheizten Wohnräumen. Halten sich die Menschen vorzugsweise in der Sonne und im geheizten Zimmer auf, so werden sie das dann sich herstellende starke Sättigungsdeficit an der Trockenheit der Kleider und der unbekleideten Haut deutlich empfinden. Nur selten kommt es daher zu Schweissbildung und zu fühlbarer Durchfeuchtung der Kleider.

Die Regenmenge steigt mit der Erhebung; erst in grösseren Höhen nimmt sie wieder ab. Der Regen hinterlässt aber bei der meist vorhandenen Neigung des Terrains und bei dem starken Austrocknungsvermögen der Luft selten anhaltendere Bodennässe.

Die Luftbewegung ist lebhafter als in der Ebene; aber meist kann leicht völliger Windschutz aufgesucht werden. Bei der steten Trockenheit der Haut und Kleidung pflegt selbst kalter mässiger Wind nur kräftig anregend zu wirken.

Die niedere Temperatur und der lebhafte Wind vereinigen sich, um schon in relativ geringer Höhe die Perioden der schwülen Sommermonate zu beseitigen, die so schwer auf den meisten Menschen lastet und Kranke vollends herunterbringt. Die Wärmeabgabe erfolgt vielmehr stets, auch bei reichlichster Nahrungszufuhr, ausserordentlich leicht. Appetit und Stoffwechsel pflegen daher das ganze Jahr hindurch ausserordentlich rege zu sein. — Ausserdem führt

die Herabsetzung des Luftdruckes und die Verminderung der Sauerstoffmenge der Luft zu den S. 119 geschilderten Wirkungen.

Besondere Effekte sind noch der überaus kräftigen Insolation zuzuschreiben. Die niedere Schicht der Atmosphäre, ihre grosse Armuth an Wasserdampf, ihre Klarheit und Staubfreiheit lässt im Gebirge einen viel grösseren Bruchtheil der Sonnenstrahlen zur Erde gelangen als im Thale. Alle Gegenstände, welche Wärme zu absorbiren vermögen, z. B. schneefreier Boden, die Häuser, die Kleider der Menschen u. s. w. müssen sich daher sehr intensiv unter den Sonnenstrahlen erwärmen. In der That finden wir noch in grosser Höhe eine ebenso grosse Bodenwärme wie im Thal, während die Lufttemperatur der der Polargegenden gleichkommt. In Folge der intensiven Insolation können selbst Kranke im Winter des Hochgebirges sich dauernd im Freien aufhalten; an besonnten Plätzen fühlen sie sich warm und behaglich, während sie eine enorm kalte Luft einathmen. Dieser Contrast scheint bei Leiden der Respirationsorgane von nicht ungünstiger Wirkung zu sein.

In Davos (Seehöhe 1560 m) zeigte z. B. das Vacuumthermometer am 27. December:

8 Uhr 20 Min. Morgens (vor Sonnenaufgang) = — 18.3°
8 „ 45 „ „ . . . . = + 22°
9 „ — „ „ . . . . = + 30°
12 „ — „ „ . . . . = + 42.4°
1 „ 45 „ „ . . . . = + 43°

am 25. December:

12 Uhr in der Sonne = + 40°: im Schatten = — 9.1°.

Unter Umständen wird die Erwärmung noch gesteigert durch die reflektirte Wärmestrahlung, die bei Gletschern, Schnee und Wasserflächen einen sehr beträchtlichen Theil der gesammten Insolationswärme ausmacht. Mit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen geht ferner eine ausserordentlich intensive Belichtung parallel, da die Atmosphäre für die Lichtstrahlen, auch für die chemisch wirksamen, viel durchgängiger ist.

Endlich ist zu erwähnen die Reinheit und Staubfreiheit der Luft namentlich in waldbedeckten Gebirgen, welche anregend auf die Respiration wirkt. Das oft betonte Freisein der Gebirgsluft von Mikroorganismen kann nicht als bedeutsam anerkannt werden, ebensowenig wie die gleiche Eigenschaft der Seeluft, da sich dieses Freisein nicht auf die Luft der Wohnräume und auf die gewöhnliche unmittelbare Umgebung des Menschen erstreckt.

Krankheiten des Höhenklimas.

Die Mortalitätsverhältnisse scheinen im Ganzen günstig zu sein, so weit sich dies aus den schwer unter einander vergleichbaren statistischen Daten entnehmen lässt. — Von besonderem Interesse ist es, dass dem Höhenklima gegen eine Reihe von verbreiteten Infektionskrankheiten relative oder vollständige Immunität nachgerühmt wird; nämlich gegen Cholera infantum, Cholera asiatica und andere infektiöse Darmkrankheiten; sodann gegen Malaria und gegen Phthise.

Die Verminderung resp. das Fehlen der Cholera infantum ist durch die niederen Sommertemperaturen verursacht. Wo trotz der

Höhenlage die Sommerwärme hochgradig wird, z. B. auf kahlen Plateaus und in grossen Städten, findet sich oft eine höhere Kindersterblichkeit als in der Ebene. Von 10 000 Kindern im ersten Lebensjahre starben z. B. in München (528 m) 3290, in Dresden 2270.

Cholera asiatica ist zwar an vielen hochgelegenen Orten noch nicht aufgetreten, doch beweist das nichts für eine Immunität des Höhenklimas, da auch in der Ebene manche Orte bis jetzt verschont geblieben sind und da die Erschwerung des Verkehrs im Gebirge die Chancen für die Einschleppung der verschiedensten Infektionskrankheiten sehr herabsetzen. Andererseits ist es erwiesen, dass selbst grosse Höhenlage vor Cholera nicht schützt, sobald nur reichliche Verkehrsgelegenheit gegeben ist; so hat die Stadt Mexico (2200 Meter) mehrfache heftige Epidemieen erlebt.

Malaria kommt in den Alpen bis zu einer Höhe von etwa 500 m vor, in Italien bis 1000 m, in den Anden bis 2500 m. Die immune Zone beginnt daher erst dann, wenn deutliche Herabsetzung der Temperatur eintritt. Gleichwohl ist die Kälte keinesfalls das einzige Moment, das im Gebirge wirksam ist; denn in der Ebene veranlassen erst erheblich niedrigere Temperaturen, ein geradezu polares Klima, die Abnahme resp. das Aufhören der Malaria. Wahrscheinlich ist im Gebirge der Umstand mit von Einfluss, dass hier Ebenen oder muldenförmige Thäler mit starker und anhaltender Bodendurchfeuchtung, wie sie für eine Entwickelung der Stechmücken günstig sind, höchst selten vorkommen.

Die Todesfälle an Phthise nehmen mit der Höhenlage entschieden ab. In Persien, Indien, am Harz, im Riesengebirge, in der Schweiz, den Anden und Cordilleren Amerikas konnte diese Beobachtung bestätigt werden. Auf bewaldeten Gebirgsrücken wurde schon in der Höhe von 5—600 m bereits Abnahme der Phthise constatirt. Aber es tritt nicht etwa volle Immunität ein, vielmehr nur ein allmähliches Geringerwerden der Mortalität. Auch in der Schweiz finden sich in den höchst gelegenen Ortschaften noch Fälle von Phthise. Stark verwischt wird der Einfluss der Höhenlage indess in stark bevölkerten industriereichen Städten, wie die Beispiele von München und Bern zeigen.

Unbekümmert um die Beschäftigung der Bevölkerung und sonstige Lebensverhältnisse, tritt der Einfluss des Höhenklimas auf die Phthise anscheinend erst in Höhen über 2000 m zu Tage. In den 2000—2500 m hoch gelegenen Städten (Mexico mit 350 000 Einw., Puebla mit 80 000 Einw., Quito mit 60 000 Einwohnern u. s. w.) kommt nach übereinstimmenden Berichten Phthise nur in ganz verschwindender Menge vor.

Die Erklärung für die ausgesprochene günstige Beeinflussung der Phthise werden wir theils darin finden müssen, dass die gleichmässigere Witterung und die niedrigere Temperatur des Hochsommers den Ernährungszustand des Körpers in ähnlicher Weise begünstigt und vor Erkältungen schützt wie das Seeklima. Theils kommt möglicherweise noch die Vermehrung der rothen Blutkörperchen und als besonders schützendes Moment die Vermehrung der Pulsfrequenz und die ausgiebigere Respiration in Betracht, welche unter der Einwirkung des verminderten Luftdrucks und Luftsauerstoffs beobachtet werden.

Acclimatisation.

Vielfach besteht die Ansicht, dass es möglich sein müsse, den schädlichen Einflüssen eines Klimas durch allmähliche Gewöhnung des Körpers — sei es dass sich diese nur auf das einzelne Individuum, oder aber auf eine Reihe von Generationen erstreckt — zu begegnen, und dass der Mensch im Grunde befähigt sei, in jedem Klima zu leben und zu gedeihen.

Die Erfahrung hat jedoch diese Ansicht, namentlich bezüglich des arischen Völkerstammes, nicht bestätigt. Unter den extremen Klimaten kommt das arktische wenig in Frage; es ist naturgemäss selten das Ziel grösserer Colonisationsversuche. Jedenfalls scheint es relativ geringe Gefahren für die Gesundheit zu bieten; gesunde und mit guten Verdauungsorganen ausgerüstete Menschen pflegen sich dort wohl zu befinden. Auch bei einer Fortpflanzung durch mehrere Generationen tritt keine abnorme Entwickelung des Körpers zu Tage. Eine Grenze wird der Existenzfähigkeit des Menschen hier nur gesetzt durch die Schwierigkeit einer ausreichenden Ernährung, durch das Fehlen einer Flora und Fauna, und durch den steten Kampf mit elementaren Gewalten.

In der gemässigten Zone und auch in den subtropischen Gebieten stösst die Colonisation ebenfalls auf keine Schwierigkeiten. So haben wir blühende europäische Niederlassungen im südlichen Australien, in Südafrika, in Chile, Argentinien, dem südlichsten Theil von Brasilien u. a. m.

Ungleich schwieriger ist für die arischen Völker, speciell für die Bewohner des mittleren Europas, eine Besiedelung tropischer Gebiete. Zwischen dem Aequator und 15° nördlicher und südlicher Breite und in einer Höhe von weniger als 800 m vermag der Europäer keine dauernden Wohnsitze zu begründen. Schon das eingewanderte Individuum selbst pflegt kaum einen ununterbrochenen Aufenthalt von

mehreren Jahrzehnten ohne manifeste Gesundheitsstörung ertragen zu können. Die in den Tropen geborenen Kinder von Einwanderern (Kreolen) sind besonders leicht vulnerabel und müssen meist für Jahrzehnte nach der Heimath oder in ausnahmsweise günstig gelegene Gegenden, in Sanatorien im tropischen Hochgebirge u. s. w. gesandt werden, falls sie zu gesunden Menschen heranwachsen sollen. In der zweiten und dritten Kreolen-Generation tritt bereits eine geringere Vermehrung hervor, und schliesslich bleiben die Ehen unfruchtbar. Ausnahmsweise und in relativ günstig gelegenen, namentlich gebirgigen tropischen Regionen ist es wohl zu einer längeren Nachkommenreihe und zu einer Vermehrung arischer Einwanderer gekommen; aber im Allgemeinen sind die Ansiedelungsversuche der weissen Rasse in den Tropen als fehlgeschlagen zu bezeichnen.

Die gefährlichsten Gesundheitsstörungen, durch welche diese Misserfolge bedingt werden, sind, wie oben hervorgehoben wurde (S. 128), vorzugsweise die Tropenanämie und die dieselben begleitenden Leberaffektionen, Malaria und Dysenterie; in manchen Gegenden gesellen sich noch Gelbfieber, Beri-Beri und andere endemische Krankheiten hinzu.

Diese Klimawirkungen kommen aber nicht gegenüber allen Menschen zu Stande. Die eingeborene Bevölkerung zeigt zwar meist eine stärkere Gesammt-Mortalität, als wir in der gemässigten Zone finden; aber trotzdem reichliche Vermehrung, kräftige Körperbeschaffenheit und ziemliche Leistungsfähigkeit. Ferner giebt es auch einige südeuropäische Völker, welche unter dem Tropenklima viel weniger zu leiden haben, und sich dort dauernd vermehren; so namentlich Spanier und Portugiesen. — Es muss von grosser Bedeutung sein, festzustellen, worin diese Unterschiede in der klimatischen Wirkung begründet sind und ob nicht Aussicht vorhanden ist, dass durch Acclimatisation auch die anderen europäischen Völker eine gleiche Unempfindlichkeit sich aneignen können.

Für die hervorgehobenen Differenzen in dem Einfluss des Tropenklimas ist nun 1) angeborene Rassen-Disposition maassgebend. Dieselbe macht sich geltend durch eine angeborene Immunität gegen die am meisten gefahrdrohenden Krankheiten. So sind die Neger immun gegen Gelbfieber. Ferner muss in ihrer Körperbeschaffenheit ein gewisser Schutz gegen die Tropenanämie und deren Folgen gegeben sein; alle Organe, insbesondere die blutbildenden, verhalten sich vermuthlich so, dass die denkbar günstigsten Bedingungen für den im tropischen Klima lebenden Körper verwirklicht sind. Diese Körperbeschaffenheit vererbt sich von Generation zu Generation, und garantirt

für die Nachkommen die gleiche Existenzfähigkeit, falls dieselbe nicht durch fortgesetzte Kreuzung mit weniger geeigneten Rassen beeinträchtigt wird.

Für europäische Völker ist es bezüglich ihrer Ansiedlungsfähigkeit in den Tropen von grosser Wichtigkeit, ob ihre Vorfahren sich etwa mit Einwanderern aus der tropischen oder subtropischen Zone gekreuzt und so eine Rassenimmunität erworben haben. Es ist das zweifellos der Fall bei den Maltesern, Spaniern und Portugiesen, die sich mit phönizischem und maurischem Blut gemischt haben. Diese liefern daher noch jetzt die in der warmen Zone resistentesten Colonisten. Nordfranzosen und Deutsche, die ihre Rasse reiner erhalten haben, sind am vulnerabelsten. Besonders widerstandsfähig sollen sich die Juden erweisen.

Jedoch sind die betreffenden statistischen Belege, die in Algier, Westafrika u. s. w. für die Resistenz der verschiedenen Rassen gesammelt sind, wenig beweisend, da dieselben gewöhnlich die verschiedene Beschäftigung und Lebensweise der verglichenen Rassen nicht berücksichtigen. In Algier z. B. sind die eingewanderten Franzosen und besonders Elsässer die eigentlichen Ackerbauer gewesen, die ins Innere des Landes vorgedrungen sind und allen Gefahren exponirt waren; die Semiten dagegen haben sich wesentlich in den Städten aufgehalten und Handel getrieben. Dabei sind sie den Gefahren des Klimas in ausserordentlich viel geringerem Grade ausgesetzt als jene Colonisten; und ein Vergleich der Sterblichkeit beider Rassen gestattet noch keinen endgültigen Schluss auf ihre Resistenz gegen die Wirkungen des Klimas.

2) Ferner kommt eine angeborene individuelle Disposition für die Lebensfähigkeit in den Tropen in Betracht. Selbst unter den Individuen eines nordeuropäischen Volkes pflegt es Einige zu geben, welche eine angeborene Immunität gegen die bedeutsamsten Infektionskrankheiten besitzen, ausserdem über eine im Uebrigen möglichst für das Leben in den Tropen geeignete Körperbeschaffenheit verfügen, und befähigt sind, sich von Tropenanämie frei zu erhalten. Magere, aber kräftige Menschen von normaler Blutfülle und Blutbeschaffenheit, mit wenig schwitzender Haut, scheinen in dieser Beziehung anämischen, hydrämischen, fetten oder leicht schwitzenden Menschen überlegen zu sein. — Derartige angeborene Eigenschaften, deren genauere Erkenntniss ganz besonders wichtig sein würde, werden durch Ehen mit weniger günstig Constituirten sich leicht verlieren; sie können aber günstigen Falls vererbt werden, und dann zu jenen hier und da beobachteten Generationen ausnahmsweise existenzfähiger Europäer führen.

3) Bis zu einem gewissen Grade ist eine Aenderung des Individuums im Sinne einer Anpassung an das Klima denkbar. Dieselbe

betrifft z. B. den Ernährungszustand; fette Menschen werden durch allmählichen Fettverlust geeigneter; gewohnheitsmässige übermässige Nahrungs- und Getränkzufuhr kann allmählich verringert werden; und richtig ausgewählte Kost und mässige Muskelübung vermögen bestehende Ernährungsdefekte zu beseitigen, die im kalten Klima kaum als störend empfunden werden, in den Tropen aber gefahrdrohend werden. Ferner wird allmählich die geistige und körperliche Thätigkeit weniger lebhaft, es bildet sich ein trägeres Temperament aus, bei welchem der materielle Umsatz im Körper und die Wärmeproduction geringer ausfällt und der Wärmehaushalt erleichtert wird. Weiter ist eine erworbene Immunität gegen Infektionskrankheiten von grosser Bedeutung. Nach neueren Beobachtungen kann speciell gegen Malaria eine langdauernde Immunität erworben werden, und auch Dysenterie und Cholera gewähren eine kurzdauernde Immunität. — Eine Vererbung dieser erworbenen Körpereigenschaften scheint nicht vorzukommen.

4) Von grosser Bedeutung ist das allmähliche Erlernen des hygienisch richtigen Verhaltens. Der neue Einwanderer wird in Bezug auf Wohnung, Kleidung, Ernährung, Beschäftigung vielfache Fehler machen, die der ältere Colonist vermeidet, und hierdurch wird der letztere weniger vulnerabel sein.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass eine „Acclimatisation“ in erheblicherem Umfange nicht besteht, sondern hauptsächlich auf das Erlernen der richtigen Lebensweise und auf eine geringfügige und wenig constante zweckentsprechende Aenderung des Körpers hinauskommt. Wenn behauptet wird, dass die seit längerer Zeit in den Tropen lebenden Colonisten sich weniger vulnerabel zeigen, und dass sie dies eben der Anpassung des Körpers zu danken haben, so ist zu erwägen, ob in solchen Fällen nicht vielmehr eine Auslese von Individuen vorliegt; die von vornherein weniger gut geeigneten Colonisten erliegen bald, oder sind gezwungen, andere Klimate aufzusuchen; die von Anfang an körperlich besser Disponirten überdauern jene und zeigen auch bei längerem Aufenhalt eine relativ geringere Vulnerabilität. — In der Mehrzahl der Fälle wird aber ein günstiger Einfluss des verlängerten Aufenthalts im Tropenklima überhaupt nicht wahrgenommen. So hat man in den meisten englischen Colonieen die Erfahrung gemacht, dass die Mortalität der Truppen sich bedeutend verminderte, wenn die Mannschaften rasch wechselten und nicht über drei Jahre in den Colonieen blieben.

Der wichtigste Faktor für eine erfolgreiche Colonisation in den Tropen ist daher zweifellos in der Rassendisposition gegeben. Wo diese fehlt, kann die angeborene individuelle Disposition nach Möglich-

keit berücksichtigt werden, und die Colonisten müssen von Anfang an auf eine möglichst sorgsame Durchführung der erprobten hygienischen Maassregeln achten. Von grösster Bedeutung ist die Tilgung der Seuchen, insbesondere der Malaria in den Colonialgebieten nach den im Kap. „Parasitäre Krankheiten" dargelegten Grundsätzen. Durch die auf der neueren Erforschung dieser Krankheiten beruhenden Maassnahmen können in Zukunft Gebiete besiedelungsfähig werden, die bisher für das Bewohnen von Europäern als völlig ungeeignet gelten mussten. Unter solchen Cautelen wird, selbst wenn auch von einer „Acclimatisation" wenig zu erwarten ist, mindestens doch die Leitung tropischer Colonieen durch Europäer ausführbar sein.

Literatur: a) Methoden: Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen, Wien 1876. — Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden, Leipzig 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, Wiesbaden 1890.

b) Meteorologie und Klimatologie: Hann, Handbuch der Klimatologie, 1883. — Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 2. Aufl. 1895. — Woeikoff, Die Klimate der Erdkunde. Nach dem Russischen. 2 Bände. 1887. Ratzel, Anthropogeographie, 1882. — van Bebber, Hygienische Meteorologie, 1895. — Assmann, Das Klima, im „Handb. der Hygiene", 1894.

c) Hygienischer Einfluss von Witterung und Klima: Renk, Die Luft, im Handbuch der Hygiene von v. Pettenkofer u. v. Ziemssen. — Hirsch, Handbuch der historisch-geographischen Pathologie, 2. Aufl. 3 Bde. 1881—87. — Weber, Klimatotherapie in v. Ziemssen's Handb. der Allgem. Therapie, 1880. — Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 6. Aufl. 1900. — Rubner u. Wolpert im Arch. f. Hygiene.

d) Akklimatisation: Virchow, Ueber Akklimatisation, Vortrag a. d. Naturf.-Vers. in Strassburg, 1885. — Mähly u. Treille, Referate auf d. hyg. Congress in Wien, 1887. — Schellong, Akklimatisation und Tropenhygiene, im „Handb. d. Hygiene", 1894.

Drittes Kapitel.

Die gas- und staubförmigen Bestandteile der Luft.

I. Chemisches Verhalten.

Die chemische Beschaffenheit der Luft ist für den menschlichen Körper von grosser Bedeutung, weil zwischen beiden ein inniger Wechselverkehr besteht. Der Mensch athmet täglich etwa 10 cbm Luft ein und führt deren Gase theilweise ins Blut über; die

gleiche Menge wird, beladen mit allerlei Excreten, durch Lungen und Haut ausgeathmet. In ähnlicher Weise wird die Beschaffenheit der Aussenluft durch die Athmung der Thiere und Pflanzen, durch Fäulniss- und Gährungsprocesse, durch Verbrennungen u. s. w. verändert. Es fragt sich, welchen Grad diese Veränderungen allmählich innerhalb der freien Atmosphäre und im Wohnraum erreichen und welche Schädlichkeiten dem Körper eventuell daraus erwachsen können.

Untersucht man die atmosphärische Luft, so findet man im Mittel etwa 20·7 Procent Sauerstoff; 78·3 Procent Stickstoff (O : N = 20·9 : 79·1); eine kleine Menge Argon; wechselnde Quantitäten, im Mittel etwa 1 Procent Wasserdampf; ferner kleine Mengen Kohlensäure; Spuren von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak Salpetersäure, salpetrige Säure; zuweilen auch schweflige Säure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe u. s. w.

Die quantitativen Schwankungen und die hygienische Bedeutung dieser verschiedenen Bestandtheile sind im Folgenden gesondert zu erörtern. Bezüglich des Wasserdampfs, der vorzugsweise als klimatisches Element eine Rolle spielt, muss auf das vorhergehende Kapitel verwiesen werden.

1. Der Sauerstoff.

Derselbe wird überall in der Atmosphäre in der gleichen procentischen Menge gefunden; die Schwankungen des Gehalts betragen in maximo 0·5 Procent; die niedrigsten Zahlen treten bei südlichen Winden und nach anhaltendem Regen auf. Für gewöhnlich zeigt die Luft selbst in Fabrikstädten kaum messbare Unterschiede gegenüber der Land- und Waldluft.

Der Grund dieser Constanz liegt darin, dass der Vorrath der Atmosphäre an Sauerstoff ein ganz enormer ist. Wenn auch in dem Maasse, wie es jetzt geschieht, fortgesetzt Sauerstoff durch Verbrennung und Athmung verbraucht und zur Bildung von CO_2, H_2O u. s. w. verwandt wird, und wenn aus allen diesen Verbindungen der O nicht nachträglich wieder frei wird, so müssen doch etwa 18000 Jahre verfliessen, bis der O-Gehalt um 1 Procent abnimmt. Ein wesentlicher Theil des zu Oxydationen verwandten Sauerstoffs wird aber bekanntlich durch die Chlorophyll führenden Pflanzen wieder in Freiheit gesetzt, so dass thatsächlich die Abnahme noch erheblich langsamer erfolgt. — Ausserdem sorgen für eine stets gleichmässige Vertheilung des Sauerstoffs und der anderen Gase die Winde, die fortgesetzt ein kräftiges Umrühren und inniges Mischen der Luft bewirken.

Auch in Folge des Sauerstoffconsums innerhalb bewohnter Räume werden nur geringe Abweichungen von der Norm beobachtet; die vorkommenden Schwankungen sind als hygienisch bedeutungslos anzusehen. Die absolute Menge des eingeathmeten Sauerstoffs kann

dagegen in erheblichem Grade vermindert werden bei abnehmendem Luftdruck (S. 109); und eine geringere Wirkung tritt ein mit der höheren Temperatur und der damit parallel gehenden Ausdehnung der Luft, ohne dass jedoch die Grösse dieses Ausfalls an Sauerstoffzufuhr Symptome veranlassen könnte.

Eine Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Luft ist daher äusserst selten im hygienischen Interesse wünschenswerth. Die Ausführung hat eventuell nach den Vorschriften und unter den üblichen Cautelen der Gasanalyse zu erfolgen.

Der Stickstoff der atmosphärischen Luft hat keinerlei Funktion im thierischen oder pflanzlichen Körper; er stellt nur ein indifferentes, den Sauerstoff gleichsam verdünnendes Agens dar, das hygienisch bedeutungslos ist. Die gleiche Indifferenz kommt dem Argon zu.

2. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Beiden Körpern ist ein sehr energisches Oxydationsvermögen eigen, und sie machen daher zusammen die sogenannte „oxydirende Kraft“ der Luft aus.

Das Ozonmolekül wird aufgefasst als ein Sauerstoffmolekül, welchem noch ein drittes Sauerstoffatom angelagert ist (O_3). Es ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem Geruch, das in reinem Zustande noch nicht erhalten wurde, sondern höchstens mit relativ viel gewöhnlichem Sauerstoff gemengt. In Wasser ist es nur in Spuren löslich. Bei höherer Temperatur, bei Berührung mit den verschiedenen oxydablen Stoffen wird es zersetzt.

Das Ozon der Atmosphäre entsteht durch elektrische Entladungen (Gewitter); bei allen in grösserem Umfange ablaufenden Oxydationsprocessen; ferner bei Verdunstung von Wasser. In beiden letzten Fällen entsteht gleichzeitig Wasserstoffsuperoxyd, bei der Verdunstung sogar in stark vorwiegender Menge, wenn nicht ausschliesslich. — Künstlich lässt sich Ozon am reinsten darstellen, wenn man im Ruhmkorff'schen Apparat elektrische Schläge durch Luft oder Sauerstoff leitet; ferner durch langsame Oxydation von Phosphorstücken, die zur Hälfte in Wasser eintauchen; oder indem man einen erhitzten Platindraht in Aetherdampf bringt (Princip der Döbereiner-Jäger'schen Ozonlampe); oder dadurch, dass man gepulvertes Kaliumpermangat allmählich mit Schwefelsäure versetzt.

Unter den Eigenschaften des Ozons ist sein kräftiges Oxydationsvermögen am bemerkenswerthesten. Farbstoffe werden durch Ozon zerstört, Metalle oxydirt, Schwefelmetalle in Sulfate, gelbes Blutlaugensalz in rothes übergeführt. Organische Körper aller Art, Staub, Verunreinigungen der Luft werden gleichfalls oxydirt und bewirken damit Zerlegung des Ozons.

Zur Bestimmung des atmosphärischen Ozons benutzt man gewöhnlich Jodkaliumstärkepapiere, welche 24 Stunden an einem gegen Sonnenlicht geschützten Orte der Luft exponirt, dann befeuchtet und mit einer 16stufigen Farbenskala verglichen werden.

Diese Art der Messung ist durchaus ungenau; vor allem besteht der Fehler derselben darin, dass das Reagenspapier die summirte Wirkung aller Ozontheilchen anzeigt, die in 24 Stunden darüber gestrichen sind, dass also der Reaktionsgrad wesentlich abhängig ist von der Intensität der Luftbewegung,

während der Gehalt der Luft an Ozon, der Concentrationsgrad, geprüft werden soll — Es kann dieser Fehler dadurch eliminirt werden, dass man das Papier in einer sog. Ozonbüchse einem Luftstrom von constanter Geschwindigkeit aussetzt. Aber auch dann sind immer noch zahlreiche Ungenauigkeiten vorhanden. — Auch mit dem neuerdings empfohlenen Tetramethylparaphenylendiamin-Papier, kurz Tetra-Papier (Wurster), gelingt eine einigermaassen sichere Bestimmung des atmosphärischen Ozons nicht.

Der Eifer, mit welchem trotz der Unvollkommenheiten der Methoden Ozonmessungen betrieben sind, muss zu der Vermuthung führen, dass dem Ozon eine erhebliche **hygienische Bedeutung** zukommt. Eine solche ist indessen nicht nachgewiesen. Halten sich Menschen in einer künstlich stark ozonhaltig gemachten Zimmerluft auf, so treten Schläfrigkeit und Symptome einer Reizung der Respirationsschleimhaut ein. Bei noch stärkerem Ozongehalt kommt es zu Glottiskrampf und sehr heftiger Reizung der Schleimhäute. Von kleineren, aber im Vergleich zum Gehalt der Atmosphäre immerhin bedeutenden Ozonmengen haben Unbefangene keinerlei Empfindung. Auf der Haut machen selbst stärkste Concentrationen keinerlei Eindruck.

Wenn sonach eine directe Wirkung des in der Luft enthaltenen Ozons auf den Menschen entschieden bestritten werden muss, so hat man doch einen indirecten hygienischen Einfluss vermuthet darin, dass das Ozon vielleicht Mikroorganismen und speciell Infektionserreger zu tödten vermag. Auch das hat sich indess nicht bestätigt. Relativ starke Concentrationen des Ozons sind ohne Wirkung auf Leben und Entwickelung der Mikroorganismen; erst bei einem Gehalt von 2 mg Ozon im Liter beginnt nach 48 Stunden eine Schädigung von wenig resistenten Bakterien; gegenüber resistenteren erst bei einem Gehalt von 14 mg Ozon im Liter. In der atmosphärischen Luft werden dagegen im Mittel nur 2 mg in 100 Cubikmeter, in maximo 2 mg in 1 cbm Luft gefunden.

Auch aus den Resultaten der zahlreichen bis jetzt ausgeführten Ozonmessungen lässt sich nichts entnehmen, was für eine hygienische Bedeutung des atmosphärischen Ozons spräche. Am wenigsten beobachtete man im Herbst, bei trockenen Nord- und Nordostwinden, bei Windstille (z. B. vor Gewittern); die grössten Mengen im Frühjahr, bei feuchter bewegter Luft, nach Gewittern, bei Schneefall. — Oertliche Steigerung findet sich in Wäldern, am Meer, auf Bergen u. s. w. In den meisten grösseren Städten (Paris, London, Boston, Prag u. s. w.) war in der Strassenluft resp. in bewohnten Räumen kein Ozon nachweisbar. Schon diese letzte Beobachtung spricht dafür, dass keine irgend erhebliche Einwirkung auf die Gesundheit durch den Ozongehalt der Luft zu Stande kommt.

Statistische Vergleiche zwischen den Resultaten der Ozonmessung und dem Auftreten von Infektionskrankheiten sind mehrfach angestellt; ebenfalls ohne positives Ergebniss.

Nur insofern ist ein Ozongehalt der Luft von Bedeutung, als derselbe anzeigt, dass die Luft frei von allem organischen Staub, übelriechenden Substanzen u. s. w. ist, da diese alle das Ozon rasch zersetzen und neben Ozon nicht vorkommen können. Diese Reinheit der Luft beeinflusst den Respirationstypus und von da aus verschiedene körperliche Funktionen; aber das Wesentliche ist dabei nicht der Ozongehalt, der unter Umständen auch = 0 sein kann, sondern das Fehlen jener störenden Beimengungen bezw. das Vorhandensein aromatischer, die Athmung anregender Substanzen (Wald-, Wiesenluft).

Das in der Atmosphäre enthaltene Wasserstoffsuperoxyd, H_2O_2, entsteht durch dieselben Processe wie das Ozon, meist aber in viel grösseren Mengen als dieses. — Die oxydirende Kraft des H_2O_2 ist nicht so gross wie die des Ozons; Jodkalium wird langsamer zerlegt, Indigo wird nur allmählich entfärbt. Die Oxydationen erfolgen indess momentan, wenn einige Tropfen Eisenvitriollösung zugefügt werden. Ferner vermag H_2O_2 auch reducirend zu wirken ($H_2O_2 + O = H_2O + O_2$), z. B. auf Kaliumpermanganat, Ferricyankalium.

Das atmosphärische H_2O_2 ist leichter nachweisbar als das Ozon, weil es sich in den Niederschlägen löst und dort gleichsam gesammelt wird; man untersucht also diese oder bewirkt künstliche Thaubildung. — Im Mittel findet man in 1 Liter Niederschlag 0.2 Milligramm; in Schnee und Hagel sehr wenig, am meisten im Juni und Juli und bei westlichen Winden.

Hygienische Bedeutung scheint dem atmosphärischen Wasserstoffsuperoxyd nicht zuzukommen. Die betreffenden Concentrationen sind sowohl auf den Menschen wie auf Mikroorganismen ohne Wirkung.

3. Kohlensäure.

Als **Quellen** der atmosphärischen CO_2 kommen in Betracht: a) Die Athmung der Menschen und Thiere; ein Mensch liefert stündlich 22 Liter CO_2; die gesammte jährlich von den die Erde bewohnenden Menschen producirte CO_2 berechnet sich auf circa 130 Milliarden Cubikmeter. b) Die Fäulniss- und Verwesungsprocesse, die namentlich im gedüngten Boden in grossem Umfang verlaufen. c) Die Verbrennung von Brennmaterial, besonders in Industriebezirken; jährlich circa 300 Milliarden Cubikmeter. d) Unterirdische CO_2-Ansammlungen, die sich eventuell nach Bergwerken öffnen (matte Wetter) oder durch Erdspalten und Vulkane ausströmen.

Der fortlaufenden Production steht eine ausgiebige Fortschaffung der CO_2 aus der Luft gegenüber, und zwar erfolgt diese: a) Durch die grünen Pflanzen, die im Tageslicht CO_2 zerlegen. b) Durch die Nieder-

schläge, welche im Mittel 2 ccm CO_2 in 1 Liter enthalten. c) Durch die kohlensauren Salze des Meerwassers.

Ausserdem sorgen die Winde für eine gleichmässige Vertheilung der vorhandenen CO_2, so dass wir im Freien nur geringe Schwankungen, zwischen 0·2 und 0·55 pro mille, im Mittel 0·3 pro mille, beobachten. Den höchsten Gehalt beobachtet man im Innern grösserer Städte zur Winterszeit. Eine geringfügige Steigerung ist in Wäldern, bei windstillem Wetter in Industriebezirken, ferner bei Moorrauch wahrzunehmen. Die zeitlichen Schwankungen fallen ähnlich aus.

Weit höher, bis 1, 2, ja 10 pro mille, kann der CO_2-Gehalt innerhalb der Wohnungen steigen, wo die Menschen und Leuchtmaterialien reichlich CO_2 liefern, ohne dass eine kräftige Luftbewegung ausgleichend eingreifen kann.

Bestimmung der Kohlensäure. Zur genaueren quantitativen Bestimmung füllt man die zu untersuchende Luft in eine Flasche von bestimmtem Volum und lässt in dieselbe eine gemessene Menge Barytwasser oder besser Strontianwasser einfliessen. Das Strontianwasser absorbirt die CO_2, trübt sich durch Strontiumcarbonat und enthält dann weniger alkalisch reagirendes Strontiumhydrat als vorher. Der Ausfall an Strontiumhydrat lässt sich durch Titriren mittelst einer Säure von bekanntem Gehalt leicht quantitativ ermitteln und giebt einen Maassstab für die Menge CO_2, welche in dem abgemessenen Luftquantum enthalten war und auf das Strontiumwasser eingewirkt hatte.

Approximativ lässt sich die CO_2 der Luft in der Weise bestimmen, dass durch eine kleine Flasche mit Sodalösung, welche mit einigen Tropfen Phenolphtaleïnlösung versetzt und dadurch roth gefärbt ist, die zu untersuchende Luft hindurchgeleitet wird, bis Entfärbung auftritt. Je mehr Luft dazu erforderlich ist, um so geringer ist ihr CO_2-Gehalt. (Vgl. den Anhang.)

Hygienische Bedeutung der Kohlensäure der Luft. Ein direct schädlicher Einfluss der in der Luft enthaltenen CO_2-Mengen kann nicht angenommen werden. Die CO_2 wirkt erst in grossen Dosen giftig; ein Gehalt der Luft von 1 Procent kann für längere Zeit, ein solcher von 5 Procent vorübergehend ohne Schaden ertragen werden. Auch wenn gleichzeitig Verminderung des Sauerstoffgehalts zu Stande kommt, also wenn z. B. die CO_2 durch Verbrennung oder Athmung in einem geschlossenen Raum gebildet ist, muss der CO_2-Gehalt um mehrere Procent steigen, der O-Gehalt um mehrere Procent sinken, ehe deutliche krankhafte Symptome auftreten.

Trotzdem ist durch vielfache Erfahrung festgestellt, dass freie Luft von mehr als 0·5 pro mille CO_2, wie sie stellenweise in Städten, Industriebezirken oder bei Moorrauch vorkommt, die Athmung beeinträchtigt und dass namentlich in Wohnungsluft von mehr als 1 p. m. CO_2 häufig Belästigungen oder Gesundheitsstörungen auftreten.

Diese Wirkungen können nach dem oben Gesagten nicht durch die CO_2 direct veranlasst sein, sondern müssen auf andere Eigenschaften der betreffenden Luft zurückgeführt werden, die im Folgenden genauer zu erörtern sind, und mit denen der Kohlensäuregehalt vielleicht so weit parallel geht, dass er uns einen Maassstab für die Beurtheilung der Luft liefern kann.

4. Sonstige gasförmige Bestandtheile der Luft.

a) Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe.

Kohlenoxydgas gelangt in die freie Atmosphäre z. B. mit den Gichtgasen der Hochöfen, mit dem Schornsteinrauch u. s. w., jedoch ohne dass nachweisbare Mengen sich in der Luft halten. — Im Wohnraum kann es in solchen Mengen, dass Vergiftungen entstehen, der Luft beigemengt werden durch ausströmendes Leuchtgas und durch Eindringen von Heizgasen (vgl. „Heizung“); in sehr kleiner, nicht nachweislich schädlicher Menge durch Leuchtflammen, Cigarrenrauch u. s. w.

Nachweis: 5—10 Liter der zu untersuchenden Luft werden in einer Flasche mit 10 ccm verdünnten Bluts (1 : 300) geschwenkt; das Blut wird spektroskopisch untersucht. — Oder man schwenkt die Luft mit 20 ccm einer 20procentigen Blutlösung und versetzt letztere 1. mit Ferrocyankaliumlösung und Essigsäure; in CO-Blut tritt vorübergehend ein rothbrauner, in gewöhnlichem Blut ein grauer Niederschlag auf; 2. mit der dreifachen Menge einer 1procentigen Tanninlösung: es bildet sich ein Niederschlag, der allmählich bräunlichrothe Farbe annimmt und dauernd behält.

Kohlenwasserstoffe entstehen in grösserer Menge in Sümpfen und Morästen; ferner sind sie als Produkte unvollkommener Verbrennung im Schornsteinrauch enthalten. In Wohnräume gelangen sie event. mit letzterem, mit Tabaksrauch u. s. w. Feinere Nachweismethoden fehlen. Directe Gesundheitsstörungen scheinen von dem unter gewöhnlichen Verhältnissen auftretenden Gehalt der Luft nicht auszugehen.

b) Chlor, Salzsäure, schweflige Säure, salpetrige Säure.

Chlor findet sich spurenweise in der Luft im Freien in nächster Nähe von Chlorkalkfabriken, Chlorbleichen u. s. w. Salzsäure in der Nähe von Steinguttöpfereien, Sodafabriken u. s. w. Schweflige Säure (und Schwefelsäure) entstammt vor allem dem S-Gehalt der Kohlen (im Mittel 1·7 Procent) und findet sich daher reichlich in der Luft von Industriestädten; in Manchester in 1 cbm 2·5 mgr. Ferner liefen die Röstöfen der Hütten grosse Mengen SO_2, ebenso Alaunfabriken, Ultramarinfabriken, Hopfendarren u. s. w. — Salpetrige Säure (bezw. Salpetersäure) findet sich in kleinster Menge fast stets in der freien Luft und

entsteht z. B. in der Form von Ammoniumnitrit aus dem Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf der Luft bei elektrischen Entladungen. In den Niederschlägen beobachtet man 0·4—16 mg in 1 Liter.

In der Wohnungsluft findet sich nur salpetrige Säure in kleinen Mengen häufiger als Beleuchtungsprodukt (s. Kap. VIII). Die anderen Gase und auch salpetrige Säure kommen in messbarer und die Gesundheit gefährdender Menge nur in Fabrikräumen vor (s. „Gewerbehygiene").

Der Nachweis dieser Gase erfolgt dadurch, dass man grössere Volumina Luft durch Kalilauge (bei Cl-Verdacht durch Jodkaliumlösung) streichen lässt und in letzterer nach den üblichen Methoden die absorbirten Gase titrimetrisch bestimmt.

c) Schwefelwasserstoff, Merkaptane, Schwefelammonium, Ammoniumcarbonat, flüchtige Fettsäuren, Indol, Skatol

entstehen bei Fäulnissprocessen. Die Luft im Freien kann manche dieser Gase aus Morästen und aus grösseren Fäulnissheerden (Fäkaldepots, Düngerhaufen, Poudrettefabriken, Abdeckereien u. s. w.) aufnehmen. In die Luft der Wohnräume gelangen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium namentlich von Aborten, Gruben und Canälen aus; flüchtige Fettsäuren durch die Ausdünstung der Menschen, Merkaptane durch den Küchendunst beim Kochen von Kohl u. s. w.

Die Menge dieser Gase in der Luft der üblichen Wohnungen ist kaum jemals so gross, dass sie giftig wirken könnten und meist sogar zu gering, um sie chemisch nachzuweisen. Schwefelwasserstoff kann zwar schon in sehr kleiner Menge durch Bleipapier erkannt werden. Aber ein viel feineres Reagens ist der Geruch, durch den manche dieser Gase noch deutlich wahrgenommen werden, wenn längst jedes chemische Reagens versagt; in 50 ccm Riechluft werden beispielsweise noch $^1/_{5000}$ mg Schwefelwasserstoff und gar $^1/_{460000000}$ mg Merkaptan erkannt.

d) Sonstige flüchtige organische Beimengungen der Luft.

Man hat früher angenommen, dass mit den Ausdünstungen der Thiere und Menschen resp. mit Fäulnissgasen unbekannte giftige Gase in die Luft übergehen, die selbst in ausserordentlicher Verdünnung noch wirksam sind. Speciell für die Exspirationsluft wurde in neuerer Zeit durch experimentelle Untersuchungen eine akute Giftwirkung vermeintlich festgestellt (Brown-Séquard). Es ist jedoch erwiesen, dass in diesen Experimenten durch die CO_2-häufung und O-abnahme und nur durch diese der toxische Effect bedingt war; andere Gifte und Giftwirkungen der Athemluft konnten in vielfach variirten Versuchen verschiedener Autoren nicht aufgefunden werden. — Dass in den sonstigen Ausdünstungen des Menschen flüchtige Gifte in wirk-

samer Dosis vorhanden sind, ist nach den bisher darüber angestellten Versuchen gleichfalls unwahrscheinlich. Wenn trotzdem unter gewissen Verhältnissen flüchtige Toxine von intensiver Giftigkeit häufiger vom Menschen abgeschieden werden, so muss jedenfalls die individuelle Empfänglichkeit gegen diese Gifte sehr verschieden und eine Gewöhnung an dieselben sehr leicht sein. Denn wir sehen, dass Canalarbeiter, Abdecker, überhaupt die meisten Menschen aus den unteren Volksschichten völlig gleichgültig sind gegen übelriechende Gase und durch Ausscheidungen von Menschen verunreinigte Luft, und dass sie ohne Schaden für ihren Gesundheit geradezu mit einem gewissen Behagen sich innerhalb ihrer Kleidung und Wohnung eine mit solchen Gasen imprägnirte Luft conserviren.

Eine Bestimmung der theils bekannten, theils noch unbekannten organischen flüchtigen Stoffe ist mit sehr verdünnter Chamäleonlösung versucht worden, die durch organische Stoffe entfärbt wird (s. „Trinkwasseruntersuchung"). Die Methode erscheint aber aus verschiedenen Gründen nicht zu einer Beurtheilung der Luft verwendbar; namentlich geben Gase, welche nicht von der Ausdünstung des Menschen oder von Fäulnissheerden stammen und nicht übelriechend sind (Schornsteinrauch, Tabaksrauch u. s. w.), gerade die stärksten Ausschläge.

Wir sehen somit, dass weder in der freien Atmosphäre, noch auch unter gewöhnlichen Verhältnissen in der Wohnungsluft[1] gasförmige Substanzen in solcher Menge auftreten, dass von ihnen häufiger eine Giftwirkung und directe Gesundheitsschädigung ausgehen könnte.

Dennoch sprechen viele Erfahrungen dafür, dass durch eine verunreinigte „schlechte" Luft alltäglich Beeinträchtigungen der Gesundheit zu Stande kommen.

Erstens beobachtet man, dass in Räumen, wo viele Menschen zusammengedrängt sind, einzelne Menschen akut von Schwindel, Uebelkeit, Ohnmacht befallen werden; der Zustand bessert sich, sobald die Befallenen an die frische Luft gebracht werden. Werden zwangsweise für längere Zeit Menschen in geschlossenen Räumen zusammengedrängt, so werden sogar Todesfälle beobachtet; z. B. im Zwischendeck von besetzten Schiffen, wenn während eines Sturmes alle Luken dicht geschlossen werden mussten; ferner in den berüchtigten Fällen, wo zahlreiche Kriegsgefangene in engen geschlossenen Räumen zusammen eingesperrt wurden.

[1] Fabrikräume sowie die Fälle, wo Leuchtgas oder Heizgase in der Zimmerluft sich ansammeln, kommen hier nicht in Betracht.

Bei diesen akuten Wirkungen ist indess zweifellos in erster Linie die Wärmestauung betheiligt. Durch die eng gedrängten Menschen wird so viel Wärme und Wasserdampf geliefert und die Abstrahlung so erschwert, dass die Wärmeabgabe schliesslich unmöglich wird (vgl. unter „Hitzschlag" S. 99). Von dieser Seite droht Gefahr, längst ehe eine Häufung der CO_2 oder irgend eines anderen Gases oder eine Verminderung des Sauerstoffs in einem die Gesundheit beeinträchtigenden Grade erfolgen kann. — Die Wärmestauung ist offenbar das hervorstechendste Symptom, das durch „schlechte Luft" hervorgebracht wird. Unter „frischer" oder „erfrischender" Luft verstehen wir vorzugsweise Verhältnisse, die eine bessere Entwärmung des Körpers herbeiführen, während die chemische Beschaffenheit der Luft bei weitem nicht so in Betracht kommt.

Zweitens ruft eine durch übelriechende Gase verunreinigte Luft Widerwillen und Ekel, bei längerem Aufenthalt Appetitlosigkeit und Uebelkeit hervor; der Respirationstypus ändert sich, die Athemzüge werden so oberflächlich als möglich; man hat den Eindruck, als befinde sich der Körper in Gefahr, und sucht instinktmässig der übelriechenden Luft zu entfliehen. Diese Erscheinungen treten am stärksten hervor, wenn man einen bereits mit Menschen dicht gefüllten und schon übelriechende Luft enthaltenden Raum betritt.

In dem Ekelgefühl und in der ungenügenden Athmung, welche in solcher Luft zu Stande kommen, liegt eine Beeinträchtigung unseres Wohlbefindens und unserer Leistungsfähigkeit; vielleicht resultiren aus der Aenderung der Respirationstypus im Laufe der Zeit sogar Störungen der Blutvertheilung und der Ernährung. Während eine reine oder mit angenehm aromatischen Stoffen geschwängerte Luft unwillkürlich zu tiefen Inspirationen und zu reichlicher Aufnahme von Luft anregt, beeinträchtigen übelriechende Beimengungen die Aufnahme der Luft in derselben Weise, wie ekelerregende (— wenn auch nicht schädliche —) Zusätze die Aufnahme von festen und flüssigen Speisen hindern. Nun ist zwar diese Ekelempfindung individuell ausserordentlich verschieden; aber zweifellos haben auch die mit feineren Sinnen ausgerüsteten Menschen, ferner die oft besonders empfindlichen Kranken (Asthmatiker, Emphysematiker u. s. w.) Anspruch darauf, dass ihnen eines der wichtigsten Nahrungsmittel, die Luft, in einem reinen, nicht Widerwillen erregenden und die Athmung in normaler Weise unterhaltenden Zustande zur Verfügung gestellt wird; und allein dieser Gesichtspunkt genügt vollkommen, um die Forderung einer reinen Luft und einer Beseitigung belästigender Verunreinigungen

aus derselben zu begründen. — Chronische Ernährungsstörungen Anämie u. s. w. bei der ärmeren Bevölkerung werden oft ohne genügende Begründung auf derartige übelriechende Beschaffenheit der Luft zurückgeführt. Schlechte Ernährungsverhältnisse sind bei diesen Affectionen meist erheblich stärker betheiligt; bei gleichzeitiger guter Ernährung (Landleute) treten dieselben trotz erheblich verunreinigter Wohnungsluft nicht hervor.

Drittens hat man angeblich beobachtet, dass manche infektiöse Krankheiten (Malaria, Typhus) auf die Einathmung schlechter Luft und riechender Gase, sogenannter Miasmen, zurückzuführen seien. Diese Anschauung muss jedoch jetzt als entschieden irrthümlich zurückgewiesen werden. Ein Gift kann nur Intoxication, aber keine Infektion bewirken; diese hervorzurufen sind ausschliesslich lebende Organismen befähigt (vgl. Kap. X). Auch für die Malaria, welche früher als axquisiteste miasmatische Krankheit angesehen wurde, ist nachgewiesen, dass sie nur durch vermehrungsfähige Organismen verbreitet wird.

In Folge der falschen Vorstellung von der Wirkung der Miasmen sehen viele Aerzte noch heute in üblen Gerüchen die Ursache von Infektionen. Aber der Zusammenhang zwischen Infektionserregern und stinkenden Gasen ist nur ein ganz entfernter und lockerer. Die Infektionserreger selbst produciren bei ihrem Wachsthum keine oder wenig intensive Gerüche; stärker riechende Gase deuten stets auf die Anwesenheit von lebhaft wuchernden Saprophyten, welche der gleichzeitigen Ansiedlung pathogener Organismen meist feindlich sind und diese schwer aufkommen lassen. Riechende Gase werden ferner am stärksten von flüssigen und feuchten, eine rege Lebensthätigkeit der Bakterien gestattenden Substraten geliefert; von diesen aus verbreiten sich aber mit Luftströmungen keine Organismen; sondern erst dann, wenn die Substrate austrocknen und das Bakterienleben und die Produktion übelriechender Gase abnimmt bezw. aufhört, ist die Gefahr vorhanden, dass in die Luft Mikroorganismen übergehen. Es ist also entschieden unzulässig, üble Gerüche als directe Ursache einer Infektion aufzufassen, und den Ausbruch einer Infektionskrankheit mit dem Hinweis auf irgendwelche Fäulnissgase u. dgl. zu erklären.

Man hat auch wohl die Ansicht geäussert, dass durch die Aufnahme unreiner Luft eine individuelle Disposition zu Infektionskrankheiten geschaffen werde. Weder experimentell noch statistisch sind aber in dieser Richtung Thatsachen ermittelt, welche einwandfrei auf eine solche vorbereitende Rolle der genannten Gase gedeutet werden dürften. Dagegen machen wir bei zahlreichen Individuen die Erfahrung,

dass selbst langdauernde Einathmung verunreinigter Luft keine gesteigerte Empfänglichkeit für Infektionskrankheiten hinterlässt.

Zweifellos sind aber die Fäulnissgase häufig Symptome einer ungenügenden Reinlichkeit in Bezug auf Haut, Kleidung, Wohnung, Boden u. s. w.; und da wir wissen, dass durch peinliche Reinlichkeit auch eine Entfernung vieler Infektionserreger gelingt, dass dagegen da, wo Schmutz- und Abfallstoffe sich häufen, auch keine genügende Beseitigung eventuell vorhandener Infektionserreger erfolgt ist, so deutet insofern übelriechende Luft indirect auf eine gewisse Begünstigung der Infektionsgefahr. Dieser Indicator zeigt aber bei weitem nicht immer richtig und ist daher nur mit grösster Reserve zu verwerthen.

Die Beurtheilung einer Luft in geschlossenen Räumen vom hygienischen Standpunkt aus hat somit in erster Linie die Verhältnisse der Entwärmung für die in dem Raume sich aufhaltenden Menschen zu beachten; in zweiter Linie die Produktion übelriechender, Ekel erregender Gase.

Eine directe Untersuchung nach beiden Richtungen stösst auf grosse Schwierigkeiten. Freilich haben wir relativ feine Sinnesempfindung für jene offensiven Gase und für die Erschwerung der Wärmeabgabe; aber dieselbe ist individuell sehr verschieden, und wenn wir lediglich auf die Haut- und Geruchsempfindung oder auf den allgemeinen Eindruck auf den Körper angewiesen wären, würde sehr häufig der Eine dieselbe Luft für gut erklären, die der Andere für schlecht hält. Wir müssen einen ziffermässigen, nicht von dem individuellen Ermessen abhängigen Maasstab für die Luftbeschaffenheit wünschen; und insbesondere die Wohnungs- und Schulhygiene kann eines solchen schwer entrathen.

In der CO_2-Bestimmung besitzen wir wenigstens einen theilweise brauchbaren Maassstab. Die Produktion der CO_2 hält in den Wohnräumen unter Umständen gleichen Schritt mit der Produktion von Wärme und Wasserdampf einerseits, mit der Ausscheidung belästigender und übelriechender Gase andererseits. Der Parallelismus ist allerdings nicht unter allen Verhältnissen vorhanden; es macht einen erheblichen Unterschied, ob die Erwärmung noch aus anderen Quellen (Heizung, bestrahlte Hauswände) oder wesentlich durch die Menschen erfolgt; und ebenso variirt die Luftqualität bei gleichem CO_2-Gehalt bedeutend, je nachdem reinliche oder unreinliche Menschen sich im Raume befinden. Diese Verhältnisse sind daher, sobald aus der Menge der CO_2 auf die Verschlechterung der Luft geschlossen werden soll, sehr wohl in Rücksicht zu ziehen.

Durchschnittlich wird man annehmen dürfen, dass eine Steigerung des CO_2-Gehalts der Luft in Wohnräumen über 1·0 p. m. mit lästigen Empfindungen verbunden sein wird, und dass daher eine solche Luft beanstandet werden muss (vgl. unter „Ventilation").

Für die Beurtheilung der Luft im Freien giebt die CO_2-Bestimmung nicht ausreichende Ausschläge und ist als Indicator nicht brauchbar. Hier sind wir einstweilen auf die sinnliche Wahrnehmung riechender und belästigender Beimengungen angewiesen.

Literatur: Ozon: Sonntag, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8. — Ohlmüller, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt., Bd. 8. — Christmas, Annal. Pasteur 1893, Nr. 10. — Kohlensäure: Bitter, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 9. — Wolpert, Theorie u. Praxis der Ventilation und Heizung, Bd. 1 u. 2, 1896, 1901. — Toxische Wirkung der Exspirationsluft: Brown-Séquard, Compt. rend. 1888. — Hermans, Arch. f. Hyg. Bd. 1. — Lehmann u. Jessen, Arch. f. Hyg., Bd. 10. — Rauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 15. — Lübbert-Schneider, Pharmaceutische Centralhalle 1894.

II. Der Luftstaub.

Unter den in der Luft suspendirten Elementen unterscheiden wir gröbere Staubartikel, Russ, Sonnenstäubchen und Mikroorganismen.

Zur quantitativen Bestimmung des gesammten Luftstaubes wird die Luft durch ein Glasrohr mit Wattepfropf aspirirt und die Gewichtszunahme des Rohrs bestimmt. Zur mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubs setzt man z. B. eine Glasplatte, die mit einem klebrigen Ueberzug (Chlorcalciumlösung, Glycerin, Lävulose) versehen ist, dem Luftstrom aus; nach Beendigung des Versuchs wird die Platte mit einem Mikroskop durchmustert. Um einigermaassen vergleichbare Resultate zu erhalten, muss man die Geschwindigkeit des Luftstroms, die Grösse der Einströmungsöffnung und den Abstand der Glasplatte von letzterer in genau gleicher Weise reguliren (Miquel). — Zur Zählung der Staubtheilchen hat Aitken eine interessante Methode benutzt. Bekanntlich werden die kleinsten Staubtheilchen sichtbar, wenn sie mit übersättigtem Wasserdampf in Berührung kommen, da dann jedes Theilchen zu einem Condensationskern wird, der zu einem leicht sichtbaren Tröpfchen anwächst. Aitken construirte nun einen Apparat, der es gestattet, die Untersuchungsluft mit staubfreier Luft beliebig zu mischen und dann mittelst Luftpumpe zu verdünnen. Die Mischung wird stets so weit getrieben, bis alle Staubtheilchen des Gemisches zu Condensationskernen werden, so dass weitere Druckerniedrigung keine weitere Tropfenbildung veranlasst. Die Tröpfchen werden mittelst eines mit feiner Theilung versehenen Spiegels gezählt. Unter Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses mit staubfreier Luft ergiebt sich daraus die Zahl der Stäubchen in der Volumeinheit der Untersuchungsluft.

Zur Zählung und Untersuchung der lebenden Mikroorganismen der Luft lässt sich keine dieser Methoden verwenden; bei der mikroskopischen Prüfung des gesammten Staubes verdecken die gröberen Objecte die etwa vorhandenen Bakterien, Sporen werden vollends leicht übersehen und bei den sichtbaren Mikroorganismen bleibt ihre Lebensfähigkeit in Frage.

Eine Kenntniss der lebenden Luftmikroben können wir vielmehr nur durch Culturmethoden erhalten. Soll das Verfahren quantitative Aufschlüsse geben, so müssen dabei alle in der Luft enthaltenen Bakterien aufgefangen werden, zugleich aber jedes Individuum oder jeder Complex von Individuen isolirt zur Entwicklung kommen; wenn möglich müssen auch die Nährsubstrate und sonstigen Lebensbedingungen variirt werden. Diese Forderungen werden am vollständigsten erfüllt:

1) Durch das Hesse'sche Verfahren. Ein Glasrohr von 70 cm Länge und 3.5 cm Weite wird mit Nährgelatine beschickt, dann sterilisirt und horizontal gelagert, so dass die Gelatine nach dem Erstarren in dünner Schicht die ganze Wandung auskleidet. Dann wird langsam Luft hindurch aspirirt, etwa 1 Liter in 2—4 Minuten, bis 10—20 Liter durchgeströmt sind. Die Stäubchen und Bakterienverbände fallen nieder und entwickeln sich auf der Gelatine zu isolirten Colonieen, die gezählt und qualitativ weiter untersucht werden können.

2) Das Petri'sche Verfahren. In ein kurzes ca. 2 cm weites Glasrohr wird ein Stück Drahtnetz eingeklemmt, darauf kommt eine etwa 3 cm dicke Schicht grober Sand von 0·4 mm Korngrösse, dann wieder ein Drahtnetz. Das so hergestellte Filter wird sterilisirt, mit einem kräftigen Aspirator verbunden und die Luft in raschem Strome durchgesogen. Das Filter hält nachweislich alle Keime sicher zurück. Nach Beendigung des Versuchs wird der Sand und das Drahtnetz des Filters in Schälchen mit Gelatine oder Agar gebracht, und die gewachsenen Colonieen werden gezählt und untersucht. — Die Colonieen werden besser sichtbar und zählbar, wenn man statt des Sandes gestossenes und gesiebtes Glas benutzt. Ausserdem ist es zweckmässig, dem Glasrohr mit dem Filter eine bauchige Erweiterung zu geben und das Rohr, das die Luft zuführt, in das Glaspulver dieser Erweiterung hineinzuführen, um völlig sichere Absorption zu erzielen (Ficker).

Fig. 60. Ficker'sches Filter zur Bestimmung der Luftkeime. 1:2.

3) Falls es nicht auf vollständiges Auffangen aller Keime abgesehen ist: Aspiration der Luft durch ein Glasrohr, das mehrfach auf- und abwärts gekrümmt und mit Lävuloselösung ausgekleidet ist; das Rohr wird nach Aufnahme der Luftkeime mit Wasser wiederholt ausgespült, das Waschwasser gesammelt und auf Platten vertheilt. — Oder der Luftstrom streicht durch eine Reihe unter einander mittelst Glasrohren verbundener Reagensgläser, deren jedes eine kleine Wasserschicht enthält; beim langsamen Durchgang durch letztere bleiben die Keime zurück, das gesammelte Wasser wird auf Platten gebracht (Bujwid). — Bei sehr starken Luftströmen erhält man durch alle Apparate, die mit schwächeren Aspirationsströmen arbeiten, keine Ausbeute. Hier muss man trichterförmige Gefässe, innen mit Lävulose ausgekleidet, dem Wind entgegenrichten, um wenigstens einen Theil der schwebenden Keime abzufangen.

Ueber den Ursprung und die Verbreitung der einzelnen Elemente des Luftstaubs haben neuere Untersuchungen Folgendes ergeben:

1) Grob sichtbarer Staub.

Derselbe ist in der Strassenluft europäischer Städte zu 0·2—25 mg in 1 cbm Luft gefunden; die Zahl der Staubteilchen betrug nach Aitken auf dem Lande 500 bis 5000, in grossen Städten 100000 bis 500000 in 1 ccm; die grössten Mengen treten bei trockener Bodenoberfläche und austrocknenden heftigen Winden, die geringsten nach Regen und bei feuchtem Boden auf. Im Durchschnitt zeigt der Sommer die höchsten, das Frühjahr die niedrigsten Werthe.

Die wesentlichste Quelle des Staubes ist die Bodenoberfläche. Wo die obersten Schichten des Bodens aus einem Gesteinsmaterial bestehen, das rasch verwittert und dabei relativ viel feinste Partikelchen liefert; ferner in einem Klima oder in einer Witterungsperiode, wo starkes Sättigungsdeficit und lebhafte Winde herrschen, werden die reichlichsten Staubmengen gefunden. Besonders in der tropischen und subtropischen Zone, speciell im Pendschab, in Aegypten, der Sahara u. s. w. kommt es in einem Theil des Jahres zu heftigen Staubwinden, die mit enormen Massen von Staub die Luft im Freien und selbst im Innern der Wohnräume erfüllen und zu einer höchst lästigen Plage werden.

Genauere Untersuchungen über die Qualität des Staubes ergaben, dass er zu $^2/_3$ bis $^3/_4$ aus anorganischer Substanz, aus Gesteinssplittern, Sand- und Lehmtheilchen besteht. Der Rest besteht grösstentheils aus organischem Detritus, in städtischen Strassen namentlich aus Pferdedünger, Haaren, Pflanzentheilchen, Fasern von Kleidungsstoffen, Stärkemehl u. s. w. Ferner finden sich viel todte und lebensfähige Keime von höheren Pflanzen, Pollenkörner und Sporen von Kryptogamen. Der Blüthenstaub von Nadelhölzern wird oft Meilen weit fortgetragen (Schwefelregen). — Endlich haften vielfach noch Mikroorganismen, theils im todten, theils im lebenden Zustand, an den gröberen Staubtheilchen.

2) Rauch und Russ

bestehen aus dichten Kohlewasserstoffen und Kohletheilchen, die den Feuerungsgasen in Folge der stets unvollständigen Verbrennung der Kohle beigemengt sind. In Industriestädten, beim Moorbrennen finden sich dieselben oft in enormer Menge in der Luft, und zwar immer neben den S. 155 aufgeführten gasigen Verunreinigungen. — Die ein-

geathmeten Kohletheilchen können sich massenhaft in die Bronchialdrüsen einlagern und auch nach Leber, Milz und anderen Organen verschleppt werden.

3) Die Sonnenstäubchen.

Sehr kleine Partikelchen von organischem Detritus, feinste Theile von Woll- und Baumwollfasern, abgestorbene, selten lebensfähige Mikroorganismen u. s. w. Sonnenstäubchen sind für gewöhnlich nicht in der Luft sichtbar; lässt man aber in ein sonst dunkles Zimmer einen Lichtstrahl einfallen, so können sie mit blossem Auge deutlich wahrgenommen werden; durch die stete Anwesenheit dieser Stäubchen wird erst der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Luft sichtbar (Tyndall).

Die Sonnenstäubchen sind so leicht, dass sie selbst in ruhiger Luft sich nicht vollständig absetzen und bis zu den grössten Höhen in der Atmosphäre verbreitet sind.

4) Die Mikroorganismen.

Die Quelle der Luftkeime sind die verschiedensten Oberflächen, auf welchen Bakterienansiedlungen etablirt waren, in erster Linie die Bodenoberfläche, aber auch Kleider, Haut und oberflächliche Schleimhäute der Menschen u. s. w. Von feuchten Flächen oder von Flüssigkeiten gehen mit der einfachen Wasserverdunstung und bei schwachen Luftströmen keine Bakterien in die Luft über. Lässt man einen solchen Luftstrom über eine Flüssigkeit oder über feuchte Substanzen, die eine bestimmte leicht erkennbare Bakterienart enthalten, hinwegstreichen und dann ein mehrfach gekrümmtes Auffangrohr passiren, so finden sich in letzterem keine Keime der betreffenden Art. Wenn aber ein Luftstrom von mehr als 4 m Geschwindigkeit so auf die Oberfläche der Flüssigkeit auftrifft, dass Wellenbildung und beim Anprall der Wellen gegen feste Flächen Zerstäubung eintritt, oder wenn Verspritzen der Flüssigkeit durch brechende Wellen, heftiges Schlagen oder Platzen oberflächlicher Blasen erfolgt, können Wassertröpfchen und mit diesen Mikroorganismen in die Luft übergeführt werden. Im Freien kommt es beim Anbranden des Meeres, durch Mühlräder, ferner sehr häufig dann, wenn stärkere Winde die vom Regen befeuchteten Baumblätter bewegen, zur Ablösung von Tröpfchen. In Wohnräumen können dieselben bei jedem Ausgiessen von Flüssigkeiten, beim Waschen u. s. w. entstehen; vor allem aber dadurch, dass die Menschen beim Niesen, Husten und lauten Sprechen nachweislich fast stets Tröpfchen von Speichel

und Sputum verschleudern, die mit blossem Auge nicht wahrgenommen werden können, die aber lebende Mikroorganismen enthalten. Zum Weitertransport dieser einmal losgelösten Tröpfchen genügen zum Theil Luftströme von sehr geringer Stärke; selbst solche von 0·1—0·2 mm Geschwindigkeit pro Sekunde können die feinsten Tröpfchen noch Meter hoch in die Höhe tragen.

Nach dem Eintrocknen einer Bakterienansiedlung geht der Uebertritt der Keime in die Luft zunächst schwierig von statten. Sie kleben den Flächen relativ fest an, fixirt durch die zu einer Kruste eintrocknenden schleimigen oder eiweissartigen Stoffe ihrer Hüll- und Intercellularsubstanz. Selbst kräftige Luftströme führen von solchen trockenen Ueberzügen nichts fort. Es müssen vielmehr erst durch stärkere Temperaturdifferenzen oder durch mechanische Gewalt Continuitätstrennungen und theilweise Ablösungen erfolgen; die Kruste zersplittert, und erst dann sind Luftströme von 4—5 m Geschwindigkeit im Stande, kleine Theilchen aufzunehmen und zu transportiren. Bildet feiner Sand oder Lehm die Unterlage der Bakterienansiedlung, oder haften sie z. B. an porösen leicht fasernden Kleidungsstoffen (Sputum, Dejektionen u. s. w. an Wäsche), so geschieht die hauptsächlichste Verbreitung nicht sowohl in Folge einer Ablösung der Bakterien, sondern dadurch, dass Theile des Substrats selbst in die Luft übergehen. An den mineralischen Staubpartikelchen sowie an den gröberen und feineren Fasern, welche sich von Kleider- und Möbelstoffen loslösen, haften daher die hauptsächlichsten Mengen der in der Luft befindlichen Mikroorganismen.

Dieser Entstehungsart entsprechend gehören die in Staubform in der Luft enthaltenen Mikroorganismen nicht durchweg zu den feinsten und leichtesten Staubelementen; vielmehr ist der grösste Theil derselben unter dem grob sichtbaren Staub zu suchen, und sie sind durchschnittlich gröber und schwerer transportabel als die bakterienführenden Tröpfchen.

Nur für Schimmelpilzsporen liegen die Verhältnisse anders. Auch wenn diese auf feuchtem Substrat wuchern, ragen die trockenen Sporen in die Luft, werden einzeln durch leichte Erschütterungen abgelöst, und in solchem isolirten Zustande durch die schwächsten Luftströme fortgeführt. Die Schimmelpilzsporen sind daher die kleinsten und leichtesten Elemente des Luftstaubs.

Die verhältnissmässige Grösse und Schwere der Bakterienstäubchen ist durch verschiedene Beobachtungen und Experimente bestätigt. So zeigen die Versuche mit der Hesse'schen Röhre, dass in den ersten Theilen derselben, gleich nach dem Eintritt der Luft,

vorzugsweise die schweren bakterienführenden Staubelemente abgesetzt werden, während im letzten, von der Eintrittsstelle der Luft entferntesten Theil weniger Bakterien und hauptsächlich Schimmelpilze zur Entwicklung kommen. — Dieselben Resultate erhält man, wenn in ruhiger Luft (Zimmerluft) Staub aufgewirbelt wird. Anfangs finden sich dann grosse Mengen von Bakterien in der Luft; aber schon nach ca. 30 Minuten sind die Bakterien grösstentheils, nach einer Stunde fast sämmtlich, durch Absetzen des Staubes aus der Luft entfernt und es bleiben im Wesentlichen nur Schimmelpilzsporen übrig. Selbst Luftströmungen bis 0·2 m Geschwindigkeit sind nicht im Stande, die gröberen Bakterienstäubchen schwebend zu erhalten oder dieselben fortzutransportiren; während allerdings die leichteren Bakterienstäubchen, von denen sich fast immer einige in der Luft finden, schon durch Luftströme von 0·2—2·0 mm Geschwindigkeit horizontal weitergeführt resp. schwebend erhalten werden. — Solche leichteste Stäubchen entstehen vorzugsweise von der Kleidung, von Taschentüchern, Möbelüberzügen u. dergl., während der Fussbodenstaub durchschnittlich schwerer ist.

Für die Qualität der Luftkeime ist es dann noch von grosser Bedeutung, dass viele Bakterienarten ein so vollständiges Austrocknen, wie es für den Uebergang in die Luft in Form von feinstem, leicht flugfähigem Staub erforderlich ist, nicht vertragen. Fängt man feinen, mit bestimmten Bakterien beladenen Staub auf, nachdem ein Luftstrom von 4 mm Geschwindigkeit (der Luftbewegung in stark ventilirten Wohnräumen entsprechend) denselben 80 cm hoch aufwärts getrieben hat, so sind Cholerabakterien, Pestbacillen, Pneumokokken, Influenzabacillen, Diphtheriebacillen ausnahmslos abgestorben. Diese alle können daher nur in Form von feinsten Tröpfchen auf weitere Strecken durch die Luft fortgeführt werden. Dagegen bleiben unter den angegebenen Verhältnissen auch im feinsten trockenen Staube lebendig: Tuberkelbacillen, Milzbrandsporen, Staphylokokken. Eine Mittelstellung nehmen Typhusbacillen und Streptokokken ein, die wenigstens in Form von etwas gröberen Stäubchen und bei Anwendung von stärkeren Luftströmen noch lebend transportirt werden können. — Schimmelpilzsporen vertragen das Austrocknen sämmtlich gut und können lange in Form von feinstem Staub existiren, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen. Sie werden daher in älterem und feinerem Staub leicht prävaliren, auch wenn in dem stäubenden Material ursprünglich mehr Bakterien vorhanden waren.

Zahl und Arten der Luftkeime. Im Freien werden sehr verschiedene Mengen von Luftkeimen gefunden; im Mittel in 1 cbm Luft 500—1000 Keime, darunter 100—200 Bakterien, der Rest Schimmelpilze; manchmal erheblich mehr und auch relativ mehr Bakterien.

Die geringste Keimzahl wird in Einöden, auf unbewohnten Bergen und im Winter zu finden sein, weil es hier an stärkerer Ausbildung der Bakterienansiedlungen fehlt. Ferner beobachtet man wenig Keime bei feuchtem Wetter und feuchter Bodenoberfläche (nach Regen, im Frühjahr) und bei mässigen Winden. Nur Schimmelpilzsporen sind auch bei feuchtem Wetter reichlicher in der Luft enthalten, weil die Pilzrasen dann am besten gedeihen und weil deren Sporen auch von feuchtem Substrat aus leicht in die Luft gelangen. — Auf hohem Meere ist die Luft in 500—1000 km Entfernung vom Lande keimfrei gefunden, jedoch nur bei Anwendung schwacher Aspirationsströme; es ist nicht zu bezweifeln, dass auch die Luft auf offenem Meere bei bewegtem Wasser je nach dem Keimgehalt desselben Tröpfchen mit lebenden Keimen führt.

Die grössten Mengen von Keimen werden in die Luft dann aufgenommen, wenn hohe Temperatur, starkes Sättigungsdeficit und heftige Winde zusammenwirken. Bei vorübergehender Bodentrockenheit können sich in den breiten städtischen Strassen zwar auch schon grössere Staubmassen bilden; aber erst eine Periode anhaltender Dürre und trockener Winde führt aus allen Winkeln und Höfen und von den Stätten, wo die Abfallstoffe abgelagert zu werden pflegen, mannigfaltige und zahlreiche Bakterien in die Luft über.

In geschlossenen Räumen finden sich bei ruhiger Luft sehr wenig oder gar keine Luftkeime; dagegen kommt es bei jedem Verspritzen von bakterienhaltiger Flüssigkeit (Hustenstösse) und in noch grösserer Menge beim Aufwirbeln trockenen Staubes (Bürsten, Fegen u. s. w.) zu einem theils vorübergehenden, theils anhaltenden, oft ausserordentlich hohen Keimgehalt der Luft.

Wichtiger als die Zahl der Luftkeime ist die Feststellung ihrer Arten und speciell das Verhalten der pathogenen Keime. In dieser Beziehung muss jedoch scharf unterschieden werden zwischen der Luft im Freien und der Luft in geschlossenen Wohnräumen.

Im Freien scheint sich immer, in Folge der steten Bewegung der Luft, die selbst bei sogenannter Windstille noch $1/2$—1 m pro Sekunde beträgt, eine starke Verdünnung der Keime zu vollziehen. Seltenere Arten, die ausnahmsweise und in relativ kleiner Zahl in die Luft gelangen, müssen daher so gut wie ganz verschwinden; und da die saprophytischen Bakterienansiedlungen in unendlich viel grösserer

Ausdehnung vorkommen, als Herde von pathogenen Bakterien, so kann nur ein besonderer seltener Zufall dahin führen, dass einmal eine pathogene Bakterienart bei der Luftuntersuchung gefunden wird. In der That haben die verschiedensten Beobachter bei ihren zahlreichen Luftanalysen gewöhnlich nur Saprophyten und niemals specifische pathogene Keime (mit Ausnahme der weitverbreiteten Eitererreger) erhalten; nur bei directen Uebertragungen von grösseren Mengen Strassenstaub und Strassenschmutz auf Versuchsthiere hat man z. B. Tetanus- und Oedembacillen, und angeblich in vereinzelten Fällen auch Tuberkelbacillen nachweisen können.

Die Luft im Freien bietet daher fast niemals Infektionschancen. In früherer Zeit hat man diese Gefahr erheblich überschätzt, weil man über die im Vergleich zum Bakteriengehalt des Wassers, vieler Nahrungsmittel u. s. w. sehr geringe Zahl der Luftkeime, über das rasche Absterben vieler pathogener Bakterien beim Austrocknen und über das enorme Ueberwiegen saprophytischer Keime im Luftstaub nicht hinreichend orientirt war. Unsere in dieser Beziehung jetzt geklärten Vorstellungen decken sich aber im Grunde auch viel besser als die früheren Annahmen mit den Erfahrungen über die Verbreitungsweise kontagiöser Krankheiten. In unmittelbarster Nähe von Pockenhospitälern sollen zwar Infektionen beobachtet sein; aber schon in einer Entfernung von wenigen Metern, in benachbarten Strassen mit freier Luftbewegung kommt nach allen Erfahrungen eine Infektion nicht mehr vor, sondern nur solche Personen, welche mit Kranken verkehrt oder das Haus eines Pockenkranken betreten haben, setzen sich dieser Gefahr aus. Ebenso werden die Erreger von Scharlach, Masern, Flecktyphus, denen wir die Fähigkeit durch die Luft verbreitet zu werden, zweifellos zuerkennen müssen, so gut wie niemals aus der freien Luft aufgenommen, sondern nur im directen oder indirecten Verkehr mit dem Kranken. — Ebenso wissen wir von den verschiedensten Thierseuchen, dass sie durch Berührungen und Objekte, nicht aber durch die freie Luft verbreitet werden, und dass deshalb Sperrmaassregeln und Grenzcordons, obwohl sie sich um die Luft nicht kümmern, ausreichenden Schutz gewähren.

Auch Tuberkelbacillen konnten im Luftstaub städtischer Strassen nicht nachgewiesen werden, weil offenbar die Verdünnung selbst dieser so relativ reichlich producirten und in der Luft sich lange lebensfähig haltenden Bacillen zu bedeutend ist. In interessanter Weise wird die Ungefährlichkeit des Strassenstaubes bestätigt durch eine Statistik der Berliner Strassenkehrer, die doch der Infektion mit Strassenstaub fortgesetzt in höchstem Grade exponirt sind, von denen aber nur ein

relativ sehr kleiner Bruchtheil (2 Procent) an Lungen- und Bronchialkatarrh (mit eventuellem Ausgang in Phthise) erkrankt. Dabei haben 70 Procent dieser Strassenkehrer eine Dienstzeit von über 5 Jahren, 55 Procent eine solche von über 10 Jahren (Cornet). — Die Erreger von Typhus, Diphtherie, Influenza u. s. w. werden erst recht kaum jemals aus der Luft im Freien auf den Menschen übergehen, da sie immer in noch erheblich geringerer Menge in der äusseren Umgebung des Menschen vorhanden resp. weniger resistent sind, wie die Tuberkelbacillen.

Nur wenn etwa eine pathogene Mikrobenart in ähnlicher Ausdehnung auf todtem Substrat gedeihen könnte, wie die Gährungs- und Fäulnisserreger, würde eine Luftinfektion Chancen gewinnen. Nach den zahlreichen bis jetzt vorliegenden Untersuchungen des Bodens, des Wassers, der Nahrungsmittel ist aber für die Mehrzahl der bekannten Infektionserreger eine so ausgedehnte saprophytische Wucherung völlig unwahrscheinlich. Am ehesten könnte vielleicht noch eine gelegentliche Infektion vorkommen bei den weitverbreiteten Eiterkokken, die aber auch jedenfalls in der freien Luft ungleich seltener vorkommen, als auf der Haut, im Wohnungsstaub und an Gebrauchsgegenständen, und die in der Regel von diesen aus in die Wunden eindringen; ferner begegnet man im Strassenstaub den Bacillen des malignen Oedems und des Tetanus, die eigentlich an saprophytische Lebensbedingungen angepasst sind, aber in praxi gleichfalls nur durch Berührungen in die zu ihrer parasitären Existenz nothwendigen tiefen Verletzungen gelangen.

In geschlossenen Räumen (zu denen auch Treppenhäuser, Corridore, ringsum geschlossene Höfe, Strassen- und Eisenbahnwagen u. s. w. zu rechnen sind) wird dagegen eine Infektion von der Luft aus weit leichter und häufiger zu Stande kommen, sobald Kranke da sind, deren Excrete sich der Luft beimengen. — In einem Raum von 60 cbm Inhalt athmet der bewohnende Mensch täglich $^1/_6$ des ganzen Luftvolums ein; hier können ausserdem die pathogenen Bakterien einen erheblichen Bruchtheil der gesammten Luftkeime ausmachen. Bei Influenza werden die Bacillen durch das reichliche Niesen und Husten in grosser Menge in Tröpfchenform in die Luft übergeführt; stark hustende Phthisiker, Masernkranke im Initial- oder Prodromalstadium, Pockenkranke, Lepröse, Kranke mit Pestpneumonie, Kinder mit Keuchhusten, gelegentlich auch Diphtherie, werden mit dem Contagium beladene Tröpfchen in die Luft liefern und diese bald in geringerem, bald in hohem Grade infektiös machen. Je länger gesunde Menschen sich in solcher Luft aufhalten und je mehr sie sich

dem Kranken nähern, um so grösser wird für sie die Gefahr der Infektion (vgl. Kap. X). — Bei manchen Krankheiten, namentlich bei Phthise und den Wundinfektionskrankheiten, gesellt sich die Möglichkeit einer Infektion durch trockenen, leicht in der Luft schwebenden Wohnungsstaub hinzu, der noch lebensfähige Erreger enthält. Am gefährlichsten wird in dieser Beziehung die Wohnungsluft, wenn sie grob sichtbaren Staub enthält, der durch Bewegung des Kranken oder Hantirungen mit inficirten Betten, Kleidern oder Möbeln aufgewirbelt ist.

Zu abweichenden Anschauungen bezüglich der Infektiosität der atmosphärischen Luft ist man früher durch statistische Zusammenstellungen gelangt, aus welchen hervorgehen sollte, dass die Frequenz aller möglichen infektiösen Krankheiten mit der Zahl der in 1 cbm Luft gefundenen (saprophytischen!) Bakterien parallel geht. Diesen Zusammenstellungen liegt von vornherein ein unrichtiger Gedanke zu Grunde, insofern die atmosphärische Luft für keinen der Infektionserreger den einzigen oder auch nur den hauptsächlichsten Transportweg darstellt; vielmehr kommen Berührungen, Wasser, Nahrung u. s. w. immer als mehr oder weniger mitbetheiligte Infektionsquellen in Betracht; eine Verbreiterung oder Verengerung jenes einen Weges muss daher durchaus nicht in der Zahl der gesammten Krankheitsfälle ihren Ausdruck finden. Wenn trotzdem ein Parallelismus zwischen den Ergebnissen der Luftanalysen und den Mortalitäts- und Morbilitätsziffern herausgerechnet ist, so zeigt das nur, wie leicht durch statistische Zusammenstellungen Coïncidenzen erhalten werden können, die in keiner Weise auf einen ätiologischen Zusammenhang hindeuten.

Literatur: Renk, Die Luft, Abth. aus v. Ziemssen's und v. Pettenkofer's Handbuch. d. Hygiene, 1885. — Miquel, Les Organismus vivants de l'atmosphère, Paris 1881. — Aitken, Nature, Bd. 41 u. 45. — Cornet, Die Verbreitung der Tuberkelbacillen ausserhalb des Körpers, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 5, Heft 2. — Flügge, Ueber Luftinfektion, ibid. Bd. 25.

Methoden: Flügge, Lehrbuch d. hyg. Untersuchungsmethoden, 1881. — Hueppe, Die Methoden der Bakterienforschung, 4. Aufl., 1889. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, 1890. — Petri, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8 (dort die ältere Lit.). — Ficker, ibid. Bd. 23.

Viertes Kapitel.

Der Boden.

Es ist eine von Alters her verbreitete Ansicht, dass der Mensch von der Beschaffenheit seines Wohnbodens in gewisser Weise abhängig ist. Je nach seiner Oberflächenbeschaffenheit ist der Boden ein wesentlicher Theilfactor des Klimas; ferner ist bei der Fundamentirung des Wohnhauses, bei der Trinkwasserversorgung, bei der Entfernung der Abfallstoffe, bei der Anlage der Begräbnissplätze in erster Linie auf das Verhalten des Bodens Rücksicht zu nehmen.

Eine weitergehende hygienische Bedeutung hat in den letzten Jahrzehnten der Boden dadurch erlangt, dass einige Forscher denselben als ausschlaggebend für die Entstehung und Verbreitung mancher epidemischer Krankheiten angesprochen haben. Seitdem sind erst die Eigenschaften des Bodens genauer und mit specifischer Berücksichtigung der hygienischen Gesichtspunkte studirt.

Die Darstellung der durch diese Forschungen gewonnenen Resultate hat zunächst die Oberflächengestaltung und das geognostische Verhalten des Bodens flüchtig zu streifen, um dann die mechanische Struktur und die von dieser abhängigen Bodeneigenschaften, ferner die Temperaturverhältnisse und die chemische Beschaffenheit des Bodens eingehender zu erörtern. Specielle Berücksichtigung erfordert schliesslich noch das Verhalten der Luft, des Wassers und der Mikroorganismen im Boden.

I. Oberflächengestaltung und geognostisches Verhalten.

Die Gestalt der Bodenoberfläche bietet vielerlei Variationen und nicht selten hygienisch interessante Beziehungen. So führt eine zu geringe Neigung des Terrains oder eine muldenförmige Einsenkung leicht zu oberflächlichen Wasseransammlungen, zu feuchtem Boden und zu Malariagefahr. Bei scharf entscheidenden engen Thälern kann es zu stagnirender Luft, starker Bodenfeuchtigkeit und eventuell nächtlicher Einlagerung kalter Luftschichten kommen. Bergrücken oder Pässe und Sättel sind oft den Winden ausserordentlich stark exponirt. Vegetationslose Hochplateaus bieten extreme Temperaturcontraste. Nach

Norden gerichtete Abhänge zeigen relativ niedrige, Südabhänge entsprechend höhere Temperaturen in Folge der verschiedenen Insolation. — Von erheblichem Einfluss auf das Verfahren der Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge und somit des ganzen Klimas ist ferner die Bewaldung der Bodenoberfläche (s. S. 139).

Neben der äusseren Gestaltung kommt der geognostische und petrographische Charakter der oberflächlichen Bodenschichten in Betracht.

Man unterscheidet vier geologische Formationen: 1) Die azoïsche, in deren Gesteinen keinerlei Spuren eines organischen Lebens gefunden werden. Repräsentanten dieser Formation sind Granit, Gneiss, Glimmerschiefer u. s. w. 2) Die paläozoïsche Formation, gekennzeichnet durch Reste von Algen, Gefässkryptogamen, Protozoën, Arthrozoën u. s. w. als Anfänge der organischen Welt. Diese Formation ist vertreten z. B. durch Grauwacke, Thonschiefer, Steinkohle. 3) Die mesozoïsche Formation, welche in der Kreide, dem Jura, und in dem Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein des sogenannten Trias zahlreiche Amphibien und Reptilien, sowie die Anfänge von Vögeln und Säugethieren erkennen lässt. 4) Die känozoïsche Formation, deren älteste Periode man als Tertiär bezeichnet. Das Tertiär weist Spuren von Palmen und Angiospermen, von Säugethieren und den ersten Menschen auf. Zu demselben gehören Kalkstein-, Sand-, Thon-, Braunkohlenlager u. s. w., ferner manche in Folge vulkanischer Thätigkeit entstandene Trachyte, Basalte. Auf das Tertiär folgt zeitlich das Diluvium, auf dieses das Alluvium; beide bestehen aus Trümmern verwitterter Gesteine und diese Trümmer haben sich theils durch Ablagerung aus Flüssen, theils unter der Einwirkung der früher bis nach Mitteldeutschland und weit in Nordamerika hereinreichenden nordischen Gletscher zu ausgedehnten Kies-, Sand- und Lehmschichten aufgehäuft.

Unser Wohnboden besteht in seinen oberflächlichsten Lagen fast stets aus Diluvium oder Alluvium. Da Ortschaften sich gewöhnlich in Fluss- oder Bachthälern zu etabliren pflegen, bedeckt dort alluviales Schwemmland die Gesteinslager früherer Formationen; in den meisten Fällen folgen unter dem Alluvium diluviale Schichten, oft in ungeheurer Mächtigkeit. Nur ganz ausnahmsweise kommt es vor, dass Ortschaften unmittelbar auf älterem Gestein liegen.

Früher hat man dem geologischen und petrographischen Charakter der tieferen Schichten erhebliche hygienische Bedeutung beigemessen. Allerdings sind von der Formation und der Gesteinsart in gewissem Grade die Gestaltungen der Bodenoberfläche und damit das klimatische Verhalten, die Bodenfeuchtigkeit, ferner die Art der Wasseransammlung im Boden, die Neigung zur Staubbildung, die Beschaffenheit des Trinkwassers u. s. w. abhängig. Aber alle diese Einflüsse bilden nicht regelmässige Charaktere der Gesteinsarten; letztere variiren vielmehr ganz erheblich in Bezug auf ihre äussere Gestaltung, auf ihre physikalische Beschaffenheit und auf ihre chemische Zusammensetzung.

Ausserdem werden auf der bewohnten Erdoberfläche durch die Auflagerung alluvialen und diluvialen Schwemmlandes jene Einflüsse grösstentheils verwischt.

Es ist daher höchst selten zulässig, von einem bestimmten klimatischen und hygienischen Charakter dieser oder jener Gesteinsformationen zu sprechen. Hygienisch bedeutungsvoll sind wesentlich nur die obersten Bodenschichten und auch bei diesen ist es nicht sowohl von Interesse, ob sie dem Diluvium oder dem Alluvium angehören, sondern höchstens, ob sie innerhalb der letzten Jahre oder Jahrzehnte etwa durch Menschenhand (Aufschuttboden) oder bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstanden sind.

II. Die mechanische Struktur der oberen Bodenschichten.

Das Verhalten flüssiger, gasiger und suspendirter Stoffe im Boden ist in erster Linie von seiner mechanischen Struktur abhängig, und diese ist daher für die hygienischen Beziehungen des Bodens von besonderer Wichtigkeit. Die mechanische Struktur umfasst die Korngrösse, das Porenvolum und die Porengrösse; aus den Strukturverhältnissen resultiren dann unmittelbar jene eigenthümlichen Eigenschaften des Bodens, welche unter der Bezeichnung „Flächenwirkungen" zusammengefasst werden.

a) Korngrösse, Porenvolum, Porengrösse.

Die mechanische Struktur zeigt — abgesehen von dem Gegensatz zwischen dem compacten Boden und dem Geröllboden — die auffallendsten Unterschiede je nach der Grösse der componirenden Gesteinstrümmer; man scheidet in dieser Weise Kies (die einzelnen Körner messen mehr als 2 mm), Sand (zwischen 0·3 und 2·0 mm Korngrösse), Feinsand (unter 0·3 mm Korngrösse), Lehm, Thon, Humus (abschlämmbare Theile). Thon besteht aus den allerfeinsten Partikelchen; enthält er gewisse Verunreinigungen, so bezeichnet man ihn als Letten, Flinz; bei einem Gehalt von feinem Sand und geringen Eisenbeimengungen als Lehm. Humus ist Sand oder Lehm mit reichlicher Beimischung organischer, namentlich pflanzlicher Reste.

Der Untergrund der Städte erhält durch die verschiedene Korngrösse des Bodens ein sehr charakteristisches Gepräge. Bald liegt ein lockerer, grober Kies vor (München); bald ein gleichmässiger mittelfeiner Sand (Berlin); bald vorwiegend Lehmboden (Leipzig). Grober

Kies kann mit feinerem Kies und Sand oder mit dichtem Lehm gemengt vorkommen. Oft ist auch der Sand aus verschiedenen Korngrössen und eventuell noch mit lehmigen Theilen gemischt. Nicht selten findet sich beim Aufgraben städtischer Strassen bis in mehrere Meter Tiefe ein dunkel gefärbter humusartiger Boden, der durch Reste von Mauer- und Pflastersteinen, Mörtel, Holz u. s. w. als Aufschuttboden zu erkennen ist.

Um zu bestimmen, welche Korngrössen ein Boden enthält und in welchem Verhältniss die einzelnen Korngrössen gemischt sind, wird eine Probe des Bodens zunächst getrocknet, dann zerrieben, gewogen und nun auf einen Siebsatz gebracht, welcher fünf oder sechs Siebe von verschiedener Maschenweite enthält. Die auf jedem Sieb zurückbleibende Masse wird wieder gewogen und auf Procente des Gesammtgewichts der Probe berechnet. Die feinsten Theile (unter 0.3 mm) können noch durch Schlämmapparate in weitere Stufen zerlegt werden; doch ist eine solche Trennung häufiger im landwirthschaftlichen, als im hygienischen Interesse indicirt. — Das Resultat der Analyse wird beispielsweise in folgender Form gegeben: Charakter des Bodens; Grober Sand; enthält: 12 Procent Feinkies, 79 Procent Grobsand, 9 Procent Feinsand und abschlämmbare Theile.

Ausser der Korngrösse kommt die Porosität und das Porenvolum des Bodens in Betracht. Die Eigenschaft der Porosität fehlt dem städtischen Untergrund nur in den seltenen Ausnahmefällen, wo compakter Felsboden die Wohnstätten trägt. Auch dann ist nicht selten nur scheinbar dichte Struktur vorhanden; Kalk- und Sandsteinfelsen zeigen oft eine poröse Beschaffenheit und können grosse Mengen Wassers schnell aufsaugen. — Der aus Gesteinstrümmern aufgeschichtete alluviale oder diluviale Boden enthält selbstverständlich stets eine Menge von feinen Poren zwischen seinen festen Elementen. Diese Zwischenräume sind von besonderer Wichtigkeit; denn was immer sich im Boden findet, Luft, Wasser, Verunreinigungen, Mikroorganismen, muss in denselben sich aufhalten und fortbewegen.

Zunächst ist die Frage aufzuwerfen, wie gross das **Porenvolum** ist, d. h. wie viel Procent des ganzen Bodenvolums von den Poren eingenommen wird. — Es hängt dies wesentlich davon ab, ob die Elemente des Bodens unter einander annähernd gleich gross, oder aber aus verschiedenen Grössen gemischt sind. Sind dieselben gleich gross, so beträgt das Porenvolum circa 38 Procent, und zwar ebensowohl wenn es sich um Kies, als wenn es sich um Sand oder Lehm handelt. So haben z. B. alle abgesiebten, und daher aus unter einander gleich grossen Elementen zusammengesetzten Bodenproben 38 Procent Poren; die kleineren Korngrössen haben um so viel feinere Zwischenräume, aber entsprechend mehr an Zahl, so dass die Volumprocente gleich bleiben.

Wesentlich kleiner wird das Porenvolum, wenn verschiedene Korngrössen gemischt sind, so zwar, dass die feineren Theile die Poren zwischen den grösseren Elementen ausfüllen. Dann kann eine grosse Dichtigkeit und ein sehr geringes Porenvolum resultiren. Sind z. B. die Poren des Kieses mit grobem Sand, und dann die Poren des Sandes mit Lehm ausgefüllt, so geht das Porenvolum auf 5—10 Procent herunter und der Boden bekommt eine ausserordentliche specifische Schwere (Leipziger Kiesboden).

Das Porenvolum lässt sich leicht mathematisch berechnen, wenn man die Körner des Bodens als Kugeln ansieht. — Eine directe Bestimmung ist dadurch möglich, dass man in ein bekanntes Volum trockenen Bodens von unten her langsam Wasser aufsteigen lässt, bis alle Poren gefüllt sind und die Oberfläche feucht geworden ist; die Menge des zur Füllung der Poren verbrauchten Wassers ist durch Messung oder Wägung zu bestimmen. — Wenn es auf genaue Resultate ankommt, so ist es besser, die in den Poren enthaltene Luft durch Kohlensäure auszutreiben und im Eudiometer zu messen. Eine solche Bestimmung erfordert indess einen complicirteren Apparat und ist im hygienischen Interesse in den seltensten Fällen nothwendig.

In einfacher Weise lässt sich das Porenvolum auch aus dem Gewicht eines bekannten Bodenvolums berechnen. Das specifische Gewicht der einzelnen vorzugsweise in Betracht kommenden Bodenelemente beträgt nämlich, einerlei ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt, etwa 2·6. Dividirt man dann das wahre Gewicht eines Bodenvolums durch dieses specifische Gewicht, so erhält man das Volum der festen Gesteinsmasse; und durch Abzug dieses Volums von dem Gesammtvolum die Summe der Zwischenräume. Hat man z. B. 500 ccm Boden und diese wiegen 1000 g, so sind $\frac{1000}{2 \cdot 6} = 379$ ccm feste Masse und also 121 ccm Poren; das Porenvolum folglich 24 Procent.

Die **Porengrösse** schwankt in derselben Weise wie die Korngrösse und ist bei Thon, Lehm, sowie bei den aus diesen feinsten Elementen und gröberen Körnern gemischten Bodenarten am geringsten. Häufig sind grössere und kleinere Poren in demselben Boden neben einander. An den gröberen Poren sind ausserdem ungleichwerthige Antheile zu unterscheiden: die Ausläufer entsprechen feinsten Poren und wirken eventuell diesen ähnlich durch die relativ grosse Ausdehnung der den Hohlraum umgebenden Flächen; der Rest der Poren zeigt dagegen eine im Verhältniss zum Hohlraum geringe Ausdehnung der begrenzenden Flächen und ist daher zu sogen. Flächenwirkungen ungeeignet.

Je feiner die Poren sind, um so mehr Widerstände bieten sie der Bewegung von Luft und Wasser. Die **Durchlässigkeit** (Permeabilität) eines Bodens für Luft und Wasser ist daher in erster Linie von der Porengrösse, daneben noch vom Porenvolum abhängig, und zwar haben genauere Bestimmungen ergeben, dass sie den vierten Potenzen der

Porendurchmesser proportional ist, also mit dem Kleinwerden der Poren ausserordentlich rasch abnimmt.

Die Durchgängigkeit für Luft lässt sich in der Weise bestimmen, dass man bei gleichem Druck Luft durch eine bestimmte Schicht des Bodens hindurchtreten lässt und dann die Mengen, die in der Zeiteinheit passirt sind, mit Hülfe einer Gasuhr misst. — Die Durchlässigkeit für Wasser ist im Laboratorium nicht zu ermitteln, weil die in den Poren eingelagerten und nicht völlig zu beseitigenden Luftblasen sehr ungleiche Widerstände bedingen.

Befeuchtet man absichtlich den Boden, so hört bei feinerem Boden schon alle Luftbewegung auf, sobald etwa die Hälfte der Poren mit Wasser gefüllt ist. — Noch bedeutender ist die Abnahme der Permeabilität im gefrorenen Boden.

b) Flächenwirkungen des Bodens.

Der poröse Boden bietet in den Begrenzungen seiner Zwischenräume eine ganz enorme Oberfläche dar, welche im Stande sein muss, energische Attraktionswirkungen auszuüben. Dieselben werden um so stärker ausfallen, je feinkörniger der Boden ist. Bei grobem Kies zählt man in 1 cbm Boden etwa 180000 Körner und diese repräsentiren eine Oberfläche von 56 qm; feiner Sand enthält dagegen in 1 cbm ca. 50000 Millionen Körner mit einer Oberfläche von über 10000 qm — Die Attraktion erstreckt sich:

1) auf **Wasser**. Lässt man durch einen vorher trockenen Boden grössere Wassermengen hindurchlaufen, so gewinnt man nach dem Aufhören des Zuflusses nicht alles Wasser wieder, sondern ein Theil wird in dem Boden durch Flächenattraktion zurückgehalten. Dieser Rest giebt ein Maass für die wasserhaltende Kraft oder die sogenannte „kleinste Wassercapacität" des Bodens. Je grösser das gesammte Porenvolum und je grösser der Procentsatz der feinen Poren ist, um so mehr Wasser vermag im Boden zurückzubleiben. Bei reinem Kiesboden werden nur 12—13 Prozent der Poren dauernd mit Wasser gefüllt; 1 cbm Kiesboden vermag daher höchstens 50 Liter Wasser zurückzuhalten (1 cbm nimmt bei 38 Procent Porenvolum 380 Liter in den gesammten Poren auf, in 13 Procent derselben also 50 Liter). Dagegen findet man beim Feinsand etwa 84 Procent feine Poren; 1 cbm solchen Bodens hält dementsprechend 320 Liter Wasser zurück. — Ist der Boden aus verschiedenen Korngrössen gemengt, so verringert sich schliesslich die Wassercapacität, weil das Gesammtvolum der Poren erheblich kleiner wird.

Die Bestimmung der Wassercapacität erfolgt dadurch, dass ein mit trockenem Boden gefülltes, unten durch ein Drahtnetz verschlossenes Blech- oder Gasrohr gewogen und dann langsam in ein grösseres Gefäss mit Wasser

eingesenkt wird; ist das Wasser bis zur Oberfläche durchgedrungen, so hebt man das Rohr heraus, lässt abtropfen und wägt wieder.

Eine fernere Wirkung des Bodens gegenüber dem Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) besteht in dem capillaren Aufsaugungsvermögen. Nur die engsten Porentheile oder Poren vermögen solche Capillarattraktion zu äussern und durch dieselben das Wasser seiner Schwere entgegen fortzubewegen. Oft wirken hier nur die feineren Ausläufer der Poren; die Füllung durch die gehobene Wassersäule erstreckt sich aber schliesslich auf die ganzen Porenräume und ist daher bedeutender als die Wassermenge, welche der kleinsten Wassercapacität entspricht.

Man prüft die Capillarität durch aufrecht stehende Glasröhren, welche mit verschiedenem Boden gefüllt sind und mit ihrem unteren Ende in Wasser eintauchen; man beobachtet dabei theils die Höhe, bis zu welcher das Wasser schliesslich gehoben wird, theils die Geschwindigkeit des Aufsteigens. Letztere ist in Kies und grobem Sand, der geringen Widerstände wegen, bedeutender; im Feinsand und namentlich im Lehm steigt die Säule erheblich langsamer, erreicht aber dafür innerhalb 30—35 Tagen eine Höhe von 120 cm und mehr, während ein grobporiger Boden nur 5—10 cm hoch durchfeuchtet wird.

2) **Wasserdampf und andere Dämpfe und Gase** werden durch Flächenwirkung im Boden absorbirt (unabhängig von einer Condensation durch Temperaturerniedrigung). Energische Wirkung zeigt nur der feinporige, trockene Boden. Bekannt ist dessen momentane Absorption riechender Gase; die aus Fäkalien, Faulflüssigkeiten u. s. w. sich entwickelnden Gerüche, die riechenden Bestandtheile des Leuchtgases u. s. w. können durch eine Schicht feiner, trockener Erde vollständig zurückgehalten werden.

3) Absorption **gelöster Substanzen.** Verschiedene chemische Körper unterliegen einer Art absorbirender Wirkung durch chemische Umsetzung mit Hülfe gewisser Doppelsilikate des Bodens; in dieser Weise erfolgt die für den Ackerbau so wichtige Fixirung der Phosphorsäure, des Kalis und Ammoniaks.

Für uns ist eine Reihe von Absorptionserscheinungen von besonderer Bedeutung, die durch reine Flächenattraktion zu Stande kommen und sich namentlich gegenüber organischen Substanzen von hohem Molekulargewicht: Eiweissstoffen, Fermenten, Alkaloïden, Bakterientoxinen, Farbstoffen u. s. w. geltend machen. Kohle, Platinschwamm, Thonfilter, kurz jeder poröse Körper mit grosser Porenoberfläche zeigt ähnliche Wirkung. Von Bodenarten ist nur Humus, Lehm und feinster Sand zu stärkeren Effekten befähigt; bei Kies und Grobsand kommt keine merkliche Absorption zu Stande.

Am leichtesten zu demonstriren ist die schnelle und gründliche Zurückhaltung der Farbstoffe; ferner die Retention der Gifte. Giesst man z. B. auf eine Röhre mit 400 ccm Feinsand sehr allmählich 1procentige Strychninlösung (täglich etwa 10 ccm) oder eine entsprechende Lösung von Nikotin, Coniïn u. s. w., so ist in den nach einigen Tagen unten ablaufenden Portionen nichts von diesen Giften mehr nachzuweisen. — Am vollständigsten ist die Wirkung, wenn der Boden nicht mit Wasser gesättigt wird, sondern wenn die Poren zum Theil lufthaltig bleiben, oder wenn ein Wechsel von Befeuchtung und Trockenheit stattfindet. — Wählt man zu concentrirte Lösungen oder bringt man zu schnell neue Portionen auf, so wird der Boden übersättigt und die Absorption bleibt unvollständig.

Für gewöhnlich bleibt es nicht nur bei der Fixirung der bezeichneten Stoffe, sondern es erfolgt auch Zerstörung und Oxydirung der organischen Moleküle; aller C und N wird vollständig mineralisirt, d. h. in Kohlensäure und Salpetersäure übergeführt, und nur diese Mineralisirungsproducte findet man im Filtrat des Bodens. Allerdings ist die Zerstörung nicht etwa ausschliesslich auf die Flächenattraktion und eine durch diese gesteigerte Oxydation zurückzuführen, sondern es sind hierbei saprophytische Mikroorganismen wesentlich betheiligt. Sterilisirt man den Boden, so tritt nur oberflächliche Zerlegung der organischen Stoffe ein; z. B. in den Versuchen mit Strychninlösung erscheint viel Ammoniak und sehr wenig Salpetersäure im Filtrat. Unter natürlichen Verhältnissen sind aber stets Mikroorganismen, welchen die Fähigkeit der Nitrifikation zukommt, im Boden vorhanden; und daher leistet jeder feinporige Boden eine Mineralisirung der organischen Stoffe, sobald diese in nicht zu starker Concentration und nicht zu häufig auf den Boden gebracht werden und sobald ferner eine wechselweise Füllung der Poren mit Wasser und Luft stattfindet. — Winogradsky ist die Isolirung einiger die Nitrifikation bewirkenden Bakterien durch Verwendung eines an Nährstoffen besonders armen Nährbodens gelungen. Er fand zwei Arten, welche Ammoniak in Nitrit, und eine andere Art, welche Nitrit in Nitrat zu verwandeln vermögen. Diese Arten sind anscheinend überall im Boden verbreitet. Ihren Bedarf an Kohlenstoff vermögen sie den kohlensauren Salzen oder der CO_2 der Luft zu entnehmen; derselbe ist im Ganzen sehr gering gegenüber den N-Mengen, die sie oxydiren. — Bei concentrirter Nährlösung und mangelndem Luftzutritt treten die Wirkungen der oxydirenden Bakterien in den Hintergrund und es werden dann andere Bakterienarten begünstigt, bei deren Lebensthätigkeit Reduktionsvorgänge ablaufen.

III. Temperatur des Bodens.

Das Verhalten der Bodentemperatur lässt sich entweder nach den für die Erwärmung des Bodens einflussreichen Momenten abschätzen oder durch directe Messungen bestimmen.

Für die Erwärmung des Bodens kommt theils die Intensität und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung (Neigung des Terrains) in Betracht; theils eine Reihe von Bodeneigenschaften: das Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen, das bei dunklem Boden weit stärker ist als bei hellfarbigem; die Wärmeleitung und die Wärmecapacität, die namentlich in feuchtem, feinkörnigem Boden zu höheren Werthen führen; endlich die Verdunstung resp. Condensation von Wasserdampf, durch welche einer extremen Erwärmung und Abkühlung entgegengewirkt wird, und welche ebenfalls im feinkörnigen Boden am stärksten zur Wirkung gelangen. Dementsprechend weist ein grobkörniger, dunkler, trockener Boden die höchsten Wärme- und niedrigsten Kältegrade auf; während feinkörniger, feuchter Boden sich nachhaltiger, aber nicht so hochgradig zu erwärmen vermag. — Stellen des Bodens, welche stark mit organischen Stoffen verunreinigt sind, können ausserdem durch die Fäulniss- und Oxydationsvorgänge eine Erwärmung bis zu einigen Graden über die Temperatur des umgebenden Bodens erfahren.

Die Messung lokaler Bodentemperaturen erfolgt dadurch, dass Eisenrohre (Gasrohr) bis zu verschiedener Tiefe in den Boden eingesenkt und in diese, unter möglichstem Abschluss gegen die Aussenluft, unempfindlich gemachte Thermometer (deren Gefäss mit Kautschuk und Paraffin umhüllt ist) herabgelassen werden. — Zu fortgesetzten exakten Messungen dienen in die Erde eingefügte Gestelle von Holz oder Hartgummi, die nur da, wo die Thermometergefässe angebracht sind, von gut leitendem Material unterbrochen sind.

Aus den Beobachtungen geht hervor, dass je mehr man sich von der Oberfläche nach der Tiefe hin entfernt, 1) die Excursionen der Temperatur mehr und mehr verringert werden, 2) die Temperaturen sich zeitlich entsprechend verschieben, 3) die Schwankungen von kürzerer Dauer allmählich zum Schwinden kommen. — Schon in 0·5 m Tiefe kommt die Tagesschwankung fast gar nicht mehr zum Ausdruck; auch die Differenzen zwischen verschiedenen Tagen sind verwischt; die Excursionen der Monatsmittel sind um mehrere Grade geringer; die Jahresschwankung beträgt nur noch ca. 10°. In 4 m Tiefe sinkt letztere bereits auf 4°, in 8 m Tiefe auf 1°. Zwischen 8 und 30 m Tiefe — verschieden je nach dem Jahresmittel der Oberfläche — stellt sich das ganze Jahr hindurch die gleiche mittlere Temperatur her und jede Schwankung fällt fort. Von da ab findet beim weiteren Vordringen in die Tiefe eine Zunahme der Temperatur statt in Folge der Annäherung an den heissen Erdkern. Auf je 35 m steigt die Temperatur um etwa 1° (im Gotthardtunnel bis + 31°). — Die nach-

stehende Tabelle giebt einen genauen Ueberblick über die Bodentemperatur in den uns interessirenden Tiefen.

	Aeussere Luft	Boden in 0·5 m Tiefe	Boden in 1·0 m Tiefe	Boden in 3·0 m Tiefe	Boden in 6·0 m Tiefe
Januar	−3·1°	+1·8°	+3·7°	+7·8°	+11·3°
Februar	−0·3	2·0	4·2	7·2	10·5
März	+4·4	3·5	4·5	7·4	9·8
April	7·1	6·0	6·3	7·9	9·4
Mai	10·1	10·1	10·5	8·5	9·4
Juni	16·5	14·1	13·5	10·0	9·8
Juli	19·5	16·1	14·9	12·1	10·5
August	18·5	16·8	15·7	13·6	11·5
September	13·1	17·8	16·5	14·2	12·3
October	10·7	13·7	14·4	13·2	12·8
November	5·1	8·2	10·2	11·7	12·6
December	1·4	7·0	8·7	10·2	12·0

An der Bodenoberfläche können bei kräftiger Insolation auch in unseren Breiten sehr hohe Temperaturen zu Stande kommen; so beträgt das Maximum, welches mit dem geschwärzten Vacuumthermometer beobachtet wurde, in Magdeburg im Mai + 44°, im Juni + 47°, im Juli + 54°.

Die Bodentemperatur erhält ihre **hygienische Bedeutung** einmal durch ihren Einfluss auf die localen klimatischen Verhältnisse; ferner durch ihre Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen. Es ist von grosser Tragweite, dass schon in etwa 1 m Tiefe die höchste, längere Zeit herrschende Temperatur unter derjenigen bleibt, welche für eine ausgiebige Vermehrung pathogener Bakterien Bedingung ist. Dieses Verhalten der Temperatur allein ist ausreichend, um eine Wucherung z. B. von Cholera-, Typhusbacillen u. s. w. im tieferen Boden auszuschliessen. — In heissen Klimaten, resp. im Sommer, werden übrigens an der äussersten Oberfläche die Temperaturen sogar so hoch, dass dieselben eine Schwächung und Tödtung von Mikroorganismen zu veranlassen im Stande sind.

IV. Chemisches Verhalten des Bodens.

Die verschiedenen Gesteine, aus welchen der Boden aufgebaut ist, enthalten hauptsächlich Kieselsäure, Kohlensäure, Thonerde, Kali, Natron, Kalk, Magnesia; alle diese aber in Verbindungen, die in Wasser un-

löslich resp. in Spuren löslich und daher für die biologischen Vorgänge im Boden indifferent sind. Ausser diesen eigentlichen mineralischen Bestandtheilen enthält aber der städtische Boden in den Poren zwischen seinen Elementen noch vielfache Beimengungen, organische und anorganische Stoffe, aus den Abfallstoffen des menschlichen Haushaltes, aus pflanzlichem und thierischem Detritus und aus den Niederschlägen stammend. Gerade diese beigemengten Stoffe des Bodens resp. ihre Zersetzungsprodukte sind für uns von Interesse.

Die Untersuchung richtet sich vorzugsweise auf die Menge der vorhandenen verbrennlichen Stoffe, auf die Menge des Stickstoffs, sowie auf Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure u. s. w.; letztere werden im wässrigen Extract aus einer gewogenen Bodenprobe bestimmt. In vielen Fällen ist eine chemische Untersuchung des Bodens dadurch überflüssig, dass im Brunnenwasser der betreffenden Lokalität eine natürliche Lösung der uns interessirenden Bestandtheile gegeben ist und dass die Wasseruntersuchung Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit gestattet (s. folg. Kap.).

Eine besondere Schwierigkeit bietet die Bestimmung des Wassergehalts des Bodens dadurch, dass es von Bedeutung ist zu erfahren, auf welchen Raum im Boden eine bestimmte Wassermenge sich vertheilt. Da das specifische Gewicht des aus verschiedenen Korngrössen gemengten Bodens stark variirt und das Volum also nicht einfach aus dem Gewicht entnommen werden kann, muss die zur Wasseruntersuchung bestimmte Bodenprobe entweder gleich mit einem Cylinder von bekanntem Volum ausgestochen oder es muss der ausgegrabene Boden nachträglich so dicht als möglich in ein Gefäss von bekanntem Volum eingestampft werden. Die Probe wird dann gewogen, an der Luft getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr eintritt, und eventuell noch einer Temperatur von 100° ausgesetzt, um auch das hygroskopische Wasser zu entfernen. Die Berechnung erfolgt schliesslich auf Liter Wasser pro 1 cbm Boden.

Die **hygienische Bedeutung** der chemischen Beschaffenheit des Bodens ist in früherer Zeit sehr hoch angeschlagen. Namentlich war man der Meinung, dass ein Boden um so disponirter zur Verbreitung von Infektionskrankheiten sei, je höheren Gehalt an organischen Stoffen er zeigt. Die verunreinigenden Abfallstoffe im Boden sollten das Nährmaterial für die Entwicklung von Infektionserregern darstellen; und wo der Boden frei von grösseren Mengen organischer Stoffe blieb, sollte keine Möglichkeit bestehen zur Ausbreitung von Infektionskrankheiten.

Diese Ansicht stiess jedoch bereits früher auf manchen Widerspruch, indem z. B. Städte und Stadttheile mit hervorragend stark verunreinigtem Untergrund von Typhus, Cholera u. s. w. relativ verschont blieben, während hartnäckige Infektionsherde auf geringer verunreinigten Bodenparthieen lagen.

Seit die Culturbedingungen der pathogenen Bakterien genauer studirt sind, kann nicht mehr angenommen werden, dass ein Mehr oder Weniger der in Rede stehenden Abfallstoffe einen so entscheiden-

den Einfluss auf die Lebens- und Vermehrungsfähigkeit der Infektionserreger ausübt, dass sich ein Parallelismus zwischen Bodenvereinigung und Ausbreitung der Infektionskrankheiten herstellt. Die in den Boden gelangenden Abfallstoffe enthalten stets Massen von Saprophyten; deren Wucherung schreitet im Boden rasch weiter vor, und in der Concurrenz mit diesen und bei den ungünstigen Temperaturverhältnissen des Bodens kann ein Unterschied in der Menge der Abfallstoffe, wie er zwischen gedüngtem Ackerland und städtischem Boden oder zwischen dem Untergrund der einen oder anderen Stadt innerhalb der Culturländer vorkommt, den Infektionserregern nicht zu wesentlich besserem Wachsthum verhelfen.

Die Beziehung zwischen dem Grade der Imprägnirung des Bodens mit Abfallstoffen und der Frequenz der Infektionskrankheiten liegt vielmehr vorzugsweise darin, dass dort, wo die Abfallstoffe in geringem Grade in den Boden gelangen, Einrichtungen zu bestehen pflegen, durch welche die Hauptmasse der Abfallstoffe, damit zugleich aber auch Massen von Infektionserregern aus dem Bereich der Menschen entfernt werden; dass dagegen in den Städten, wo alle Abfallstoffe ohne Vorsichtsmaasregeln dem Boden überantwortet werden, auch zahlreiche Infektionserreger in der nächsten Umgebung der Menschen verbleiben.

Der Gehalt des Bodens an organischen Substanzen führt nur dann zur Benachtheiligung der Bewohner, wenn auf und in dem Boden so intensive Fäulnissprocesse verlaufen, dass riechende Produkte sich in merkbarer Menge der atmosphärischen oder der Wohnungsluft beimischen (s. unten).

V. Die Bodenluft.

Die Poren des Bodens sind bald nur zum Theil, bald ganz, mit Luft erfüllt. Diese Luft stellt gleichsam eine Fortsetzung der Atmosphäre dar und steht mit letzterer in stetem Verkehr. Die Bodenluft kann sich unter bestimmten Bedingungen über die Bodenoberfläche erheben und der atmosphärischen Luft beimengen; umgekehrt wird sie aus dieser ergänzt.

Ein **Ausströmen** der Bodenluft ist namentlich in folgenden Fällen denkbar: 1) wenn das Barometer sinkt und die Bodenluft dementsprechend sich ausdehnt; 2) wenn heftige Winde auf die Erdoberfläche drücken, während auf die von Häusern bedeckten Stellen dieser Druck nicht einwirkt; hierdurch muss ein Eindringen von Bodenluft in die Häuser stattfinden können; 3) in ähnlicher Weise wirken stärkere Niederschläge, welche auf der freien Erdoberfläche einen Theil

der Poren mit Wasser füllen und dabei eine Spannung der Bodenluft veranlassen, die sich eventuell durch Abströmen in die Wohnhäuser ausgleicht; 4) als Folge von Temperaturdifferenzen. Besonders kann während der Heizperiode ein Ueberdruck seitens der kälteren Bodenluft und entsprechendes Einströmen derselben in das erwärmte Haus beobachtet werden.

Directe Messungen (mit empfindlichen Manometern oder besser mit RECKNAGEL's Differentialmanometer angestellt) ergeben indess, dass thatsächlich nur selten ein merkliches Einströmen von Bodenluft in die Wohnhäuser stattfindet. Sobald die Sohle des Hauses aus einigermaassen dichtem Material (Pflaster) besteht, sind die Widerstände für eine ausgiebigere Luftbewegung dort zu gross und der Ausgleich von Druckdifferenzen erfolgt ausschliesslich durch die grösseren Communicationen, welche zwischen Aussenluft und Hausluft stets vorhanden zu sein pflegen. — Fehlt die Pflasterung der Kellersohle, so lässt sich bei durchlässigem Boden im Mittel ein Ueberdruck von 0·05 mm Wasser constatiren, entsprechend einer Geschwindigkeit der Luftbewegung von 0·03 m pro Sekunde. Bei heftigem Sturm ist ein Ansteigen des Ueberdruckes auf 0·75 mm (= 0·1 m Geschwindigkeit) beobachtet.

Die **chemische** Analyse weist in der Bodenluft eine stete Sättigung mit Wasserdampf nach; eine grosse Menge von CO_2 (0·2—14 Procent, im Durchschnitt 2—3 Procent); eine entsprechend geringere Menge O, der zur Bildung der CO_2 verbraucht war.

Ausserdem enthält die Bodenluft noch Spuren von NH_3 und geringe Mengen anderer Zersetzungsgase. In tiefen Brunnenschächten kommt es eventuell zu toxischer Wirkung seitens der Bodenluft durch excessive Anhäufung von CO_2 und O-Mangel, äusserst selten durch beigemengten H_2S und Kohlenwasserstoffe. (Ueber Leuchtgasvergiftung aus Strassenrohren s. unter Kapitel „Beleuchtung").

Die CO_2 wird am besten mit gewogenen KOH-Apparaten bestimmt. — Früher hat man geglaubt in der CO_2 der Bodenluft einen Maassstab für die Verunreinigung des Bodens mit organischen Substanzen zu besitzen. Allerdings findet man hohe CO_2-Zahlen nur in einem Boden, der mit organischen Stoffen imprägnirt war; in der lybischen Wüste dagegen nicht mehr, wie in der Atmosphäre. Aber als ein richtiger Ausdruck für den Grad der Verunreinigung ist der CO_2-Gehalt doch nicht zu gebrauchen. Die Production von CO_2 schwankt nicht allein nach der Menge des vorhandenen zersetzlichen Materials, sondern auch nach der Temperatur, dem Grad der Durchfeuchtung u. s. w.; und vor Allem ist die Concentration der CO_2 ausser von der Production noch abhängig von der Luftbewegung im Boden; bei grosser Permeabilität des Bodens und unter dem Einfluss kräftig ventilirender Winde bleibt der CO_2-Gehalt der Bodenluft niedrig, während die nämliche Production bei einem dichten Boden und bei fehlenden Winden hohen CO_2-Gehalt bewirkt.

Mikroorganismen werden in der Bodenluft ausnahmslos vermisst. Nur von der äussersten Oberfläche werden im Freien mit den Bodenpartikelchen Mikroorganismen losgerissen und als Staub in die Luft übergeführt; die aus dem Boden unterhalb der Oberfläche stammende Luft ist dagegen wegen ihrer überaus schwachen Bewegung und ihrer steten Sättigung mit Wasserdampf nicht im Stande Mikroorganismen fortzuführen; und wenn dies etwa geschähe, so müssten die Bakterien beim Durchstreichen der Luft durch die darüber liegende Bodenschicht völlig zurückgehalten werden, da ja schon dünne Erdschichten nachweislich ein völlig dichtes Filter für Luftbakterien darstellen.

Auch in die Wohnhäuser werden mit der Bodenluft niemals Bakterien eingeführt. Dort kann nicht einmal eine Ablösung von der äussersten Oberfläche erfolgen, weil an der Kellersohle des Hauses der erforderliche Grad von Austrocknung und die zum Losreissen und Fortführen des Staubes nothwendige Windstärke fehlt.

Da somit eine infektiöse Wirkung der Bodenluft durch ihre Keimfreiheit auszuschliessen ist, kommen für eine **hygienische Bedeutung** der Bodenluft nur toxische oder übelriechende gasförmige Bestandtheile in Betracht, die mit der Bodenluft in die Atmosphäre oder in die Wohnungsluft gelangen. Wenn namentlich die Kellerpflasterung fehlt, so kann unter der Einwirkung der oben aufgezählten treibenden Kräfte übelriechende CO_2-reiche Luft in grosser Menge in die Wohnhäuser eindringen. Ein toxischer Effekt kommt hierdurch (ausser bei Leuchtgasausströmungen) zwar nicht zu Stande; wohl aber kann eine hygienische Beeinträchtigung, wie sie S. 158 beschrieben ist, aus der dauernden Luftverunreinigung resultiren. — Uebrigens ist durch Dichtung der Kellersohle des Hauses resp. durch dichte Pflasterung der Strassen das Einströmen der Bodenluft leicht ganz zu verhindern.

VI. Verhalten des Wassers im Boden.

Im porösen Boden begegnen wir gewöhnlich in einer Tiefe von einigen Metern einer mächtigen Wasseransammlung, die als „Grundwasser“ bezeichnet wird; die darüber gelegenen Schichten zeigen einen geringeren und wechselnden Wassergehalt. Beide Zonen erfordern eine gesonderte Betrachtung.

A. Das Grundwasser.

Bodenwasser oder Grundwasser nennt man jede ausgedehntere unterirdische Wasseransammlung, welche die Poren des Bodens völlig und dauernd ausfüllt. In einem durchlässigen Boden kann eine solche Ansammlung nur dadurch zu Stande kommen, dass undurchlässige Schichten, Felsen, Thon- oder Lehmlager das Wasser tragen und am Tieferfliessen hindern. Oft finden sich mehrere Etagen von undurchlässigen Schichten und darauf gelagertem Grundwasser über einander, die dann an einzelnen Stellen communiciren; manchmal haben die Thon- und Lehmlager nur geringe Ausdehnung, bilden kleine Inseln, auf welchen sich eine geringe und nicht constante Wasseransammlung etablirt (sogenanntes „Schicht-“ oder „Sickerwasser“).

Das Grundwasser passt sich im Ganzen der Oberfläche der tragenden undurchlässigen Schicht an, ohne dass jedoch kleinere Erhebungen und Senkungen die Gestalt des Grundwasserniveaus beeinflussen. Die Bodenoberfläche dagegen zeigt oft starke Abweichungen vom Verlauf sowohl der undurchlässigen Schicht wie des Grundwasserspiegels (vergl. das Profil S. 188).

Die **Quellen** des Grundwassers sind 1) die Niederschläge, oder richtiger derjenige Bruchtheil der Niederschläge, welcher bis zum Grundwasser gelangt, also nicht oberflächlich abfliesst und auch nicht nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Es ist bereits oben (S. 124) betont, dass der das Grundwasser speisende Antheil der Niederschläge verschieden gross ist nach der Neigung des Terrains, der Durchlässigkeit und Temperatur des Bodens und der austrocknenden Kraft der Luft; dass ferner auch die Art des Regenfalles von Belang ist. Bei abschüssigem, felsigem Boden, ebenso bei sehr warmem Boden und sehr trockener Luft gelangt nur wenig von den Niederschlägen in die Tiefe; dagegen lässt ein poröser, kalter, ebener Boden relativ grosse Mengen zum Grundwasser durchtreten. 2) Condensation von atmosphärischem Wasserdampf, die jedoch nur dann etwas leistet, wenn die Aussenluft erheblich wärmer ist als der Boden und relativ viel Feuchtigkeit enthält, also in den Monaten April bis September; auch in dieser Jahreszeit aber nur an einzelnen Tagen und in unbeträchtlicher Menge. 3) Zuströmung von Grundwasser von anderen Orten. Wenn die undurchlässige Schicht und dementsprechend das Niveau des Grundwassers stärkere Neigung zeigt und wenn gleichzeitig der Boden leicht durchlässig ist, kommt eine deutliche horizontale Fortbewegung des Grundwassers zu Stande, die den Grundwasserstand an tieferen Punkten wesentlich beeinflussen kann. Bei dichteren Bodenarten und geringen Niveaudifferenzen fehlt eine solche Bewegung, und

die Grundwassermasse kann als stagnirend angesehen werden. 4) **Flüsse.** Meist liegt das Grundwasser tiefer als das Flussbett, und man wird dann leicht zu der Annahme geführt, dass Wasser aus dem Fluss oder Bach in das Grundwasser übertreten müsse. Dennoch ist dies vielfach nicht der Fall. Die Betten der Flussläufe sind oft durch allmähliche Ablagerung lehmiger oder thoniger Massen vollkommen **wasserdicht** geworden, so dass selbst bei starken Niveaudifferenzen kein Durchtritt von Wasser stattfindet. Werden unmittelbar neben einem solchen Flussbett Brunnenschächte in das Grundwasser gegraben, so lässt sich durch die Resultate der chemischen Untersuchung, z. B. durch das Gleichbleiben des Härtegrades, noch leichter und genauer durch vergleichende Temperaturbeobachtungen feststellen, dass kein Wasser von dem höher liegenden Flusse in das Grundwasser dringt. Fehlen aber verschlammende Bestandtheile im Flusse und besteht das Bett aus lockerem Sand, dann erfolgt eine **Speisung des Grundwassers vom Flusse aus**, in besonders hohem Grade, wenn der Fluss abnorm hohes Wasser führt oder künstlich gestaut ist.

Fig. 61. Grundwassermessung. Schematischer Durchschnitt durch einen Grundwasserbrunnen. Bei *a* Messung mit PETTENKOFER's Schälchenapparat, bei *b* Schwimmer mit oben abzulesendem Zeiger.

Unter und neben dem Flusslauf zieht der breite Grundwasserstrom der Niederung zu; hier und da tritt das Grundwasser in Form von Seen oder Sümpfen zu Tage; allmählich, bei grösserer Annäherung an's Meer, durchdringt es die oberen Bodenschichten und kommt in den Marschen an die Oberfläche. Langsam, aber in ungeheurer Masse vollzieht sich diese unterirdische Wasserbewegung. Zuweilen wird sie in ihrem natürlichen Abfluss **gehemmt** durch das Anschwellen der Flüsse, welche das ganze Thal ausfüllen; dann kommt es zu einem Aufstauen des Grundwassers, und eine solche Stauwelle addirt sich eventuell zu der durch den Zutritt von Flusswasser bewirkten Auschwellung des Grundwassers.

Von besonderem Interesse sind die **zeitlichen Schwankungen** des

Grundwasserniveaus, die man dadurch misst, dass man den **Abstand** der Grundwasseroberfläche von der Bodenfläche ermittelt.

Die **Messung** wird gewöhnlich an Schachtbrunnen ausgeführt, die bis in's Grundwasser reichen; die Bohlendeckung des Schachtes wird abgehoben und ein Metermaass, an dessen Ende sich ein Schwimmer oder ein sogen. Schaalenapparat (ev. auch eine mit Kreide bestrichene Holzleiste) befindet, herabgelassen. Mit Hülfe dieser Instrumente ist der Abstand zwischen oberer Kante der Brunnenvierung und der Wasseroberfläche genau zu messen. Bei dichtem Boden darf mehrere Stunden vor der Messung nicht an dem Brunnen gepumpt werden; besser werden stets besondere eiserne Standrohre benutzt. Jener obere Rand der Vierung, oder irgend eine andere leicht kenntliche, festliegende Marke, bis zu welcher der Abstand jedesmal gemessen wird, ist der **locale Fixpunkt**.

In solcher Weise beobachtet man an ein und derselben Station erhebliche zeitliche Schwankungen. Man ermittelt einmal den höchsten und niedrigsten Stand, der im Laufe der Jahre erreicht wird; das **Maximum** ist uns wichtig für die Fundamentirung unserer Häuser, die womöglich nicht unter dieses Maximum herabreichen soll; und das Minimum ist da von Bedeutung, wo man den Wasserbedarf aus Brunnen bezieht. Zweitens beobachtet man die **Schwankungen** innerhalb des Jahres und der Jahreszeiten; und dieser Messung kommt ein Interesse zu, weil sie uns Aufschluss giebt über gewisse gleich zu besprechende Zustände der obersten Bodenschichten.

In der **norddeutschen Ebene** verhalten sich die Schwankungen des Grundwassers im Ganzen so, dass auf den April das Maximum, auf den September oder October das Minimum fällt. Das liegt nicht etwa wesentlich an der Regenvertheilung, sondern wie aus der untenstehenden

	Berlin			München		
	Niederschläge in mm	Sättigungsdeficit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere	Niederschläge in mm	Sättigungsdeficit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere
Januar . . .	40·3	0·71	32·72	53·3	0·15	515·55
Februar . .	34·8	0·91	32·79	29·6	0·41	515·55
März	46·6	1·55	32·88	48·5	0·81	515·60
April	32·1	2·73	32·96	55·6	1·78	515·64
Mai	39·8	3·95	32·88	95·1	2·34	515·67
Juni	62·2	5·13	32·69	111·9	3·00	515·72
Juli	66·2	5·64	32·56	108·8	3·48	515·73
August . . .	60·2	4·83	32·45	104·4	3·13	515·72
September .	40·8	3·77	32·40	68·1	1·98	515·63
October . . .	57·5	1·72	32·38	53·1	0·93	515·54
November .	44·5	1·01	32·47	50·0	0·39	515·49
December .	46·2	0·59	32·50	42·9	0·20	515·51

Tabelle ersichtlich ist, an dem Sättigungsdeficit der Luft und der hohen Bodentemperatur, welche im Sommer allen Regen zum Verdunsten bringen und nur den Winter- und Frühjahrsniederschlag in den Boden eindringen lassen. — Anders ist es in München; dort fällt vorherrschend Sommerregen in verhältnissmässig sehr grossen Massen und ebendort ist zur selben Zeit das Sättigungsdeficit erheblich geringer. Offenbar dringt denn auch in München der Sommerregen bis zum Grundwasser durch und bewirkt dort einen wesentlich anderen Typus

Meter über Ostsee-Meeresniveau.

Humus und Aufschuttboden. I, II, III. – Bohrlöcher.

Grober Sand. o – Grundwasserspiegel.

Undurchlässige Lettenschicht. o_1 – höchster, o_2 – niedrigster Grundwasserstand.

Die Längen sind 50 mal stärker reducirt als die Höhen.

Fig. 62. Bodenprofil.

der Grundwasserbewegung, nämlich Hochstand im Juni bis August, tiefsten Stand im November bis December. Allerdings wirkt hierbei noch ein wesentlicher Faktor — die Durchlässigkeit des Bodens — mit, dessen Einfluss unten zu erörtern ist.

Beim Studium der Untergrundverhältnisse einer Stadt muss man ferner versuchen, eine Vorstellung von der Gestalt der Grundwasseroberfläche zu bekommen. Da die verschiedenen lokalen Fixpunkte in Folge der Unebenheiten der Bodenoberfläche sehr verschiedene Abstände auch von dem gleichen, ebenen Grundwasserniveau zeigen, sind die an verschiedenen Orten für den Grundwasserabstand gewonnenen Zahlen nicht direct vergleichbar und man muss die lokalen Fixpunkte auf einen gemeinsamen oberen oder unteren Fixpunkt einnivelliren. Dabei geht man gewöhnlich aus von der Oberkante der Schienen

des Bahnhofs, deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt, dem Spiegel der Nordsee (Marke bei Wilhelmshafen) oder der Ostsee resp. des adriatischen Meeres, bekannt ist. In dieser Weise werden die Höhen der Lokalfixpunkte über dem gemeinsamen Nullpunkt und nach Abzug des Abstandes der Grundwasseroberfläche vom lokalen Fixpunkt, die Höhenlage jedes Punktes der Grundwasseroberfläche über dem allgemeinen Nullpunkt erfahren und aufgezeichnet.

Die Darstellung der Resultate erfolgt am besten durch Profile ähnlich der vorstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 62). Die Stadt wird in eine Anzahl von Bohrlinien zerlegt und von jeder Bohrlinie gewinnt man ein Profil, indem in gewissem Abstand Bohrlöcher in den Boden getrieben werden, deren horizontaler Abstand unter einander und deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt auf der Zeichnung markirt wird. Der beim Bohren ausgehobene Boden wird beobachtet und gesammelt; sobald Proben neuer Schichten (von anderer Korngrösse, Farbe u. s. w.) herausgefördert werden, wird die Tiefe des Bohrloches gemessen und auf dem Profil ist dementsprechend die Höhenlage des Beginnes der neuen Schicht über dem allgemeinen Nullpunkt einzuzeichnen. Verbindet man dann auf dem Profil die Punkte der verschiedenen Bohrlöcher, an welchen die Beschaffenheit des Bodens wechselt, so erhält man ein Bild der Neigung der einzelnen Bodenschichten und insbesondere auch der undurchlässigen Schicht. — Um ferner das Grundwasserniveau zu erhalten, wird der Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche in den verschiedenen Bohrlöchern gemessen und die augenblickliche Höhe über dem allgemeinen Nullpunkt, bei länger fortgesetzten Messungen auch das Maximum und das Minimum, auf dem Profil eingetragen; die Verbindungslinie dieser Punkte ergiebt dann die Gestalt der Grundwasseroberfläche.

Bei der Zeichnung der Profile werden übrigens gewöhnlich die Längen in viel (50fach und mehr) stärkerem Maasse reducirt als die Höhen; bei gleichmässiger Reduktion würden die Höhendifferenzen kaum sichtbar werden. — Auch Karten, auf denen Isohypsen (d. h. Horizontale, welche die Punkte gleicher Erhebung über dem Nullpunkt mit einander verbinden) der Bodenoberfläche, des Grundwasserniveaus und der Oberfläche der undurchlässigen Schicht eingetragen sind, geben anschauliche Bilder von den Verhältnissen des Untergrundes.

An einzelnen Orten ist auch die horizontale Fortbewegung des Grundwassers gemessen und zwar dadurch, dass man an einer Reihe von umliegenden Brunnen die Zeit des Eintritts von Niveauänderungen beobachtete, während an einem Brunnen durch ausgiebiges Pumpen eine starke Depression des Niveaus hergestellt wurde; oder dadurch, dass man feststellte, wie lange Zeit die durch Hochwasser eines Flusses erzeugte Fluthwelle gebraucht, um sich zu verschiedenen Stationen der Grundwasserbeobachtung fortzupflanzen. Ferner ist an den Deichen nach Hochwasser die Durchtrittszeit des eingedrungenen Wassers ermittelt. — Es hat sich bei diesen Messungen herausgestellt, dass die Fortbewegung sehr verschieden ist je nach der Bodendurchlässigkeit und der Neigung der undurchlässigen Schicht, unter allen Umständen aber ausserordentlich langsam. Die bisher gefundenen Werthe betragen 3—8—35 m pro 24 Stunden, also im Mittel nur etwa 25 cm pro Stunde.

B. Das Wasser der oberen Bodenschichten.

In den über dem Grundwasser gelegenen Bodenschichten unterscheiden wir 3 Zonen (Hofmann):

1) Die Verdunstungszone, die von der Oberfläche soweit herabreicht, wie sich noch eine austrocknende Wirkung der atmosphärischen Luft bemerkbar macht, und wo also der Wassergehalt eventuell unter die kleinste Wassercapacität des Bodens sinken kann. Hat in dieser Zone einmal stärkere Austrocknung bis zu gewisser Tiefe stattgefunden, so ist dieselbe im Stande sehr grosse Wassermengen zurückzuhalten. Dichter Boden fasst pro 1 qm bis zu 25 cm Tiefe 40—50 Liter Wasser (vgl. S. 176), da aber ein Regenfall von 10 mm Höhe nur 10 Liter Wasser auf 1 qm liefert, so können mehrfache starke Niederschläge vollauf in den Poren dieser Zone Platz finden. Je nachdem der Boden mehr oder weniger feine Poren enthält, wird natürlich die zurückgehaltene Regenmenge verschieden gross sein; in einigermaassen feinporigem Boden ist aber im Sommer unseres Klimas die Austrocknung immer so bedeutend, dass dann gar nichts, weder von Regen noch von verunreinigenden Flüssigkeiten in die Tiefe eindringt, sondern dass alles in der oberflächlichen, wie ein trockener Schwamm wirkenden Zone zurückbleibt.

Austrocknungszone.

Durchgangszone.
Der Wassergehalt entspricht stets der wasserhaltenden Kraft des Bodens.

Zone des capillar gehobenen Grundwassers.

Grundwasser.

Fig. 63. Wassergehalt der oberen Bodenschichten.

2) Unterhalb der Verdunstungszone folgt eine Schicht, die von der austrocknenden Wirkung der Luft nicht mehr erreicht wird, in der aber andererseits keine vollständige Füllung der Poren mit Wasser bestehen kann, weil die den Ablauf hemmende, undurchlässige Schicht noch zu weit entfernt ist. In dieser „Durchgangszone" muss also stets so viel Wasser in den Poren vorhanden sein, wie der kleinsten Wassercapacität des Bodens entspricht. Bei feinporigem Boden repräsentirt dies immerhin eine sehr bedeutende Wassermenge, im Mittel verschiedener directer Bestimmungen 150—350 Liter in 1 cbm Boden. Es ist leicht zu berechnen, dass in einer 1—2 m hohen Schicht solchen Bodens die Niederschläge eines ganzen Jahres haften bleiben. Bei

einiger Ausdehnung der Durchgangszone stellt dieselbe also ein enorm grosses Wasserreservoir dar.

3) Zwischen Durchgangszone und dem Grundwasser befindet sich die Zone des durch Capillarität gehobenen Wassers. Je nach der Porengrösse der über dem Grundwasser liegenden Schicht wird dasselbe wenige Centimeter bis eventuell 1 m und mehr gehoben und füllt dann fast sämmtliche Poren des Bodens.

Der Durchtritt von irgend welchen Flüssigkeiten, Niederschlägen, verunreinigenden Abwässern u. s. w. zum Grundwasser erfolgt durch die genannten 3 Zonen in wesentlich verschiedener Weise, je nachdem grob- oder feinporiger Boden vorliegt.

In grobporigem Kiesboden sind breite, zugängliche Wege vorhanden; in diesen findet ein rasches Fortbewegen aller Flüssigkeiten zu jeder Jahreszeit statt. Auch im Sommer gelangen die Niederschläge rasch zum Grundwasser. Verunreinigungen werden durch stärkere Niederschläge schnell in die Tiefe gespült. Nur in den feineren Porenantheilen (Seitenstrassen) können Verunreinigungen längere Zeit haften bleiben.

In feinporigem Boden fehlt es an den breiteren Strassen; es kommt in den vorhandenen engen Wegen nur zu einem langsamen Fortrücken Schicht um Schicht, so dass die unten ans Grundwasser reichende Wasserzone von der oberen in Bezug auf ihr chemisches und bakteriologisches Verhalten total verschieden sein kann. Ist die Durchgangszone stark entwickelt, so muss es enorm lange, 1—3 Jahre und mehr dauern, bis die auf die Oberfläche des Bodens gelangenden Niederschläge das Grundwasser erreichen. Ebenso werden alle Verunreinigungen nur ganz langsam tiefer gespült und dringen meist erst nach Jahren bis zum Grundwasser vor.

Unter den Häusern und unter gepflastertem Boden, wo keine neuen Flüssigkeiten in den Boden gelangen, stagnirt die ganze im Boden enthaltene Wassermasse und ein Weiterrücken der Niederschläge oder der Verunreinigungen findet überhaupt nicht mehr statt.

Ueber den jeweiligen Feuchtigkeits- und Reinlichkeitszustand der oberen Bodenschichten bekommen wir nun wichtige Auskunft durch die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels. Sinkt derselbe, so wird dadurch angezeigt, dass tiefer spülende Zuflüsse von oben spärlicher geworden sind oder aufgehört haben; dies kann — abgesehen von lokaler Aenderung der Bodenfläche, Pflasterung u. s. w. — vorzugsweise dadurch bewirkt sein, dass sich oben eine grössere trockene Zone gebildet hat, in welcher von da ab alle Niederschläge und ebenso

alle Verunreinigungen, Abfallstoffe u. s. w. verbleiben. Steigen des Grundwassers erfolgt dagegen erst dann, wenn die trockene Zone wieder entsprechend der kleinsten Wassercapacität mit Wasser gesättigt ist und nunmehr ein Vorrücken der ganzen Wassermasse und Tieferspülen der Verunreinigungen stattfinden kann.

Der verschiedene Gang der Grundwasserbewegung in dem feinporigen Berliner Boden einerseits, in dem grobporigen Münchener Boden andererseits wird hierdurch verständlich. (Vgl. Tab. S. 187). In Berlin finden die Niederschläge des Winters keine ausgetrocknete Bodenschicht vor; dieselbe ist vielmehr mit Wasser gesättigt, der Boden kalt. Kommt es einmal zum Aufhören der Niederschläge, so stellt sich doch höchstens eine ganz geringfügige trockene Zone her. Ehe nur der Grundwasserspiegel durch die fortlaufende Wasserentnahme und den fehlenden Zufluss sinken kann, kommen neue Niederschläge, die sofort die Continuität der Wassermassen wieder herstellen. Dann aber treten die hohen Temperaturen und das starke Sättigungsdeficit des Mai und Juni in Action. Setzen jetzt die Niederschläge eine Zeit lang aus, so ist sofort eine beträchtliche Austrocknungszone da, die nicht mehr — oder nur in Ausnahmefällen — wieder von den nächsten Niederschlägen ausgefüllt werden kann. Dann sinkt das Grundwasser und damit ist der Verbleib aller Flüssigkeit in der obersten Zone angezeigt. Erst nach dem Eintritt niederer Temperatur und höherer Feuchtigkeit sind anhaltende Niederschläge im Stande, die starke Schicht trockenen Bodens ausreichend zu füllen.

In München vermag der grobporige Boden viel weniger Wasser zu fassen und eine trockene Zone hat daher einen viel geringeren Effekt. Zu einem längeren Aufhören aller Zuflüsse zum Grundwasser kommt es kaum. Namentlich aber dringt im Sommer von den massenhaft niedergehenden Niederschlägen ein grosser Theil zum Grundwasser durch; eine trockene Zone stellt sich in dieser Zeit immer nur vorübergehend her; alle Verunreinigungen werden kräftig in die Tiefe gespült. Erst im Spätsommer und Herbst, wenn die Niederschläge nachlassen, kommt es zu länger dauernder Trockenheit des oberflächlichen Bodens, zum Verbleib der Verunreinigungen in der obersten Schicht und zum Sinken des Grundwassers. Diese Periode dauert aber viel kürzer und das Absinken des Grundwassers ist erheblich geringer, als im feinporigen Boden; bereits im December beginnt wieder eine Durchfeuchtung des Bodens und ein Ansteigen des Grundwassers, das bis zum August anhält.

Uebrigens haben die geschilderten Verhältnisse nur Geltung für eine gewisse durchschnittliche Beschaffenheit des natürlichen Bodens. Wird feinporiger, lehmhaltiger Boden bearbeitet (z. B. auf Aeckern, Rieselfeldern), so finden sich immer gröbere Spalten und Risse, durch welche ein Theil der Flüssigkeiten rasch in grössere Tiefen gelangt. Auch durch Ratten, Maulwürfe, Regenwürmer können abnorme Wege für die Beförderung von Flüssigkeiten im Boden geschaffen werden.

Hygienische Bedeutung des Grundwassers. Während ein zu grosser Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche nur die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser erschwert, hat ein zu geringer Abstand erheblich grössere Nachtheile im Gefolge. Hält sich das Grundwasser während eines grösseren Theils des Jahres nahe der Boden-

..., so entsteht sumpfi
..., rückt dasselbe nur v
... sind die Fundament
die Keller, macht
'em Absinken e
Drainirung
'uss bege
n Sc
ung

des Haushalts, die Düngstoffe der
'akterien von den Niederschlägen
'n Tiefen von $^1/_2$—2 m gespült
'che zur Aufnahme der Abfall-
'en und dann die bakterien-
von 1—2—3 m unter der

...
...mung des W.
S. 181). In dieser B.
...kung nur ein Maassstab, ein
...ustliche Mittel (Drainage) die G
...n oder beseitigen, so werden wir dar
...eitszustand der oberen Bodenschichten
wir bewirken, dass die Uhr, die uns bi
diesen Zustand belehrt hat, fortab nicht
Maassstab nicht zu verwenden ist.

VII. Die Mikroorganismen des Bodens.

Die Untersuchung des Bodens auf Mikroorganismen erfolgt in der Weise, dass man mit einem kleinen Platinlöffel, der etwa $^1/_{50}$ ccm fasst, eine Probe aussticht, in Gelatine bringt, mit dem Platindraht möglichst zerkleinert, und dann das Röhrchen ausrollt. Sehr wichtig ist es, die Untersuchung unmittelbar nach der Probenahme vorzunehmen, da bei der höheren Temperatur des Laboratoriums und nach Luftzutritt sehr rasche, meist kolossale nachträgliche Vermehrung der Bakterien eintritt. — Aus tieferen Schichten entnimmt man Proben mittelst eines besonderen Bohrers, der sich erst in der gewünschten Tiefe öffnet und dann wieder schliesst.

Zahl und Vertheilung der Bodenbakterien. Die angestellten Untersuchungen haben gezeigt, dass der Boden das wesentlichste Reservoir der Mikroorganismen darstellt. Es finden sich im Durchschnitt selbst im sogenannten jungfräulichen, unbebauten Boden ca. 100000 Keime in 1 ccm Boden, oft noch erheblich mehr. Ferner ist ermittelt, dass weitaus die grösste Zahl dieser Mikroorganismen an der Oberfläche und in den oberflächlichsten Schichten enthalten ist. Nach der Tiefe zu nimmt die Zahl der Bakterien allmählich ab, und in 1 bis 3 m beginnt meist eine geradezu bakterienfreie Zone. Auch die

Partieen, in welchen bereits Grundwasser steht, werden für gewöhnlich frei von Bakterien gefunden. — Der Grund für die Keimfreiheit der tieferen Schichten liegt darin, dass poröser Boden nicht nur für Luft, sondern auch für Flüssigkeiten ein bakteriendichtes Filter bildet.

Laboratoriumsversuche scheinen das allerdings zunächst nicht zu bestätigen. Giesst man auf eine Schicht Grob- oder Feinsand eine bakterienhaltige Flüssigkeit, so gehen die Bakterien ungehindert durch die Poren des Bodens hindurch. Der Versuch fällt aber völlig anders aus, wenn man die Filtration zunächst so langsam vor sich gehen lässt, dass die feinsten Theile des Bodens und die suspendirten Theile der Flüssigkeit Gelegenheit haben, die nächstgelegenen Poren zu füllen, und dass ferner die Bakterien Zeit gewinnen, mit einer schleimigen Schicht die Wege auszukleiden. Sobald dies geschehen, ist die Filtration eine sehr vollständige. (Vgl. im folg. Kapitel). — Unter natürlichen Verhältnissen und bei der enorm langsamen Fortbewegung des Wassers werden sich solche filtrirende Auskleidungen der Poren regelmässig herstellen und zwar in der ersten Schicht der „Durchgangszone", wo die für die Filtration erforderliche Dichtung ungestört bestehen bleiben kann.

Ausnahmsweise kann es indess auch zu einem Bakteriengehalt tieferer Bodenschichten kommen, namentlich in abnorm durchlässigem oder künstlich aufgelockertem Boden, ferner, wenn gröbere Spalten (in zerklüftetem Felsboden, zusammengetrocknetem Lehmboden), oder Ratten- und Maulwurfsgänge Flüssigkeiten unfiltrirt nach abwärts gelangen lassen.

Was die **Qualität** der im Boden gefundenen Bakterien betrifft, so herrschen einige Arten entschieden vor, kommen stets zur Beobachtung und können sich offenbar im Boden ausgiebig vermehren. Dahin gehören namentlich die Bakterienarten, welche lebhafte Oxydationen hervorrufen und bei der Nitrifikation und Kohlensäurebildung im Boden betheiligt sind (s. oben). In den oberflächlichsten Schichten sind viel Sporen, darunter zuweilen enorm resistente Dauersporen enthalten, die selbst nach 4—5stündigem Erhitzen in strömendem Dampf noch keimfähig bleiben; in tieferen Schichten scheint es an Sporen ganz zu fehlen.

Pathogene Bakterien sind durch Cultur nur in den seltensten Fällen aus dem Boden isolirt. Dagegen konnte man durch directe Verimpfung grösserer Dosen von Erdproben auf Versuchsthiere die häufige Anwesenheit der Bacillen des malignen Oedems und des Wundtetanus in gedüngter Erde nachweisen; auch einige andere septisch wirkende Arten wurden in solcher Weise durch den Thierkörper herausgezüchtet.

Die **Quelle** der aufgezählten, in der ganz überwiegenden Mehrzahl saprophytischen Bakterien sind vorzugsweise die Verunreinigungen der

Bodenoberfläche, die Abfallstoffe des Haushalts, die Düngstoffe der Gärten und Aecker u. s. w., deren Bakterien von den Niederschlägen allmählich unter die Oberfläche, bis in Tiefen von $^1/_2$—2 m gespült werden. Ferner Gruben und Canäle, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe bestimmt sind, aber oft undicht werden und dann die bakterienreichen Flüssigkeiten gleich in einer Tiefe von 1—2—3 m unter der Oberfläche in den Boden übertreten lassen.

Einige dieser Bakterienarten können im Boden, wie dies aus Culturversuchen und directen Bodenuntersuchungen hervorgeht, lebhaft proliferiren, pathogene Arten jedoch nur an der Oberfläche des Bodens in den Abfallflüssigkeiten selbst, wenn noch wenig saprophytische Concurrenten vorhanden sind, und während hohe Temperatur mitwirkt, während im tieferen Boden die Wucherungsbedingungen für solche Bakterienarten ausnahmslos zu ungünstig liegen.

Dagegen scheint der Boden sehr wohl im Stande zu sein, auch pathogene Bakterien lange zu conserviren. Der Reichthum der oberflächlichen Bodenschichten an Sporen deutet darauf hin, dass die Bedingungen für die Sporenbildung hier günstig sind; und Versuche mit Milzbrandbacillen haben ergeben, dass die Fruktifikation derselben in einem Gemisch der Cultur mit porösem Boden verhältnissmässig rasch erfolgt.

Ein Austritt der in tiefere Bodenschichten gelangten Bakterien an die Oberfläche und eine Verbreitung derselben durch Luft, Wasser u. dgl. findet für gewöhnlich nicht statt. Wie oben begründet wurde, ist namentlich die Bodenluft niemals im Stande, Keime in die Aussenluft mitzuführen. Auch das Grundwasser ist erwiesenermaassen fast immer bakterienfrei und kann nur ausnahmsweise durch gröbere Communikationen einen Verkehr zwischen tieferen Bodenschichten und dem Menschen herstellen. In gleicher Weise ist zuweilen wohl ein Transportweg gegeben durch Thiere, welche aus tieferen Schichten Bodenpartikel an die Oberfläche tragen (Maulwürfe, Ratten, Regenwürmer); oder dadurch, dass der Boden aufgegraben und tiefere Schichten zu Tage gefördert werden.

Wesentlich bessere Chancen für die Weiterverbreitung der Bakterien bietet die oberflächlichste Schicht des Bodens. Von hier aus kann die Verbreitung erfolgen: 1) durch staubaufwirbelnde Winde. 2) Durch Nahrungsmittel, die in der Erde wachsen (Kartoffeln, Gartengemüse u. s. w.) und welche theils roh genossen werden und direct Infektionen veranlassen können, theils indirect, indem sie die anhaftenden Erdpartikel und Mikroben in Wohnung und Küche transportiren. 3) Durch Schuhzeug und Geräthschaften der Menschen, welche den

verunreinigten Boden betreten oder denselben bearbeiten, sowie durch Hausthiere.

Gelegentlich wird es so zur Verbreitung von Infektionserregern kommen; weniger durch die atmosphärische Luft, welche bald unendlich verdünnend wirkt (vgl. S. 168), als vielmehr durch Verschleppung (Nahrungsmittel, Schuhzeug u. s. w.) von den einzelnen Infektionsherden aus, welche auf der Bodenoberfläche durch zufällig dorthin gelangte Absonderungen von Kranken, z. B. Dejektionen, Sputa u. a. m., gebildet werden.

Eine bestimmte Phase im Zustand der oberflächlichen Bodenschichten wird besonders geeignet sein zu dieser Verbreitung von Keimen; nämlich die, wo eine trockene Zone an der Oberfläche besteht und intercurrirende Niederschläge höchstens einige Millimeter tief eindringen, so dass alle Bodenverunreinigungen in der oberflächlichsten Schicht verbleiben. In dieser Zeit bestehen für Verschleppungen aller Art entschieden grössere Chancen, als wenn der Boden durchfeuchtet ist und auftreffende Niederschläge die Verunreinigungen rasch abschwemmen oder in eine Tiefe spülen, welche sie dem Verkehr entzieht. — Ferner liefern die Jahreszeiten, in welchen die Ernte der Gemüse resp. das Aufbringen des Gruben- und Tonneninhalts auf das benachbarte Land stattfindet, vermehrte Gelegenheit zur Verschleppung mancher infektiöser Bakterien.

Somit wird eine zeitliche Steigerung der Infektionsgefahr zur Zeit des tiefsten Grundwasserstandes resp. in den Herbstmonaten eintreten können; insbesondere bei solchen Krankheiten, deren Erreger in den Dejektionen ausgeschieden werden und mit diesen auf den Boden gelangen.

Hygienische Bedeutung der Mikroorganismen des Bodens. Nach den vorstehenden Darlegungen erscheint es zweifellos, dass der oberflächlichste Boden — aber auch nur dieser — zur Verbreitung von Infektionskrankheiten zuweilen Anlass giebt. Indessen bildet der Boden ausserhalb der Wohnstätte dabei immer nur ein selten in Betracht kommendes Zwischenglied. Das infektiöse Material ist stets viel reichlicher in der Nähe des Kranken und innerhalb der Wohnstätte vorhanden. Dort ist für gewöhnlich die beste Gelegenheit zur Infektion gegeben. Nur zuweilen wird es vorkommen, dass die Infektion hier vermieden, das gefährliche Material entfernt und vermeintlich unschädlich gemacht wird, indem man es an irgend welcher Stelle den oberflächlichen Schichten des Bodens überantwortet, und dass von diesen aus das Material auf den oben bezeichneten Wegen wieder in den Bereich der Menschen gelangt. Es ist nicht wahrscheinlich, dass dieser

weite Umweg häufig eingeschlagen wird und dass ein grösserer Procentsatz der Infektionen durch Vermittelung des Bodens zu Stande kommt. Die oben hervorgehobene zeitliche Steigerung der Infektionschancen beim Sinken des Grundwassers resp. im Herbst wird sich daher bei gewissen infektiösen Krankheiten auch nur bei einem kleinen Bruchtheil der Erkrankungen, nicht etwa bei der grossen Masse derselben, bemerkbar machen (vgl. Kap. X).

Eine Verhütung der Infektion vom Boden aus ist am vollständigsten dadurch erreichbar, dass Strassen, Höfe und Sohlen der Häuser gepflastert, asphaltirt oder cementirt werden. Ferner ist es erforderlich, die Oberfläche einer häufigen Reinigung, die durch passendes Gefäll und gute unterirdische Ableitung unterstützt wird, auszusetzen und so oberflächliche Ansammlungen von Abfallstoffen zu verhüten. Acker- und Gartenland in der näheren Umgebung einer Ortschaft ist von denjenigen Abgängen des menschlichen Haushaltes, welche leicht infektiöse Organismen enthalten, nach Möglichkeit frei zu halten. Beim Genuss von Nahrungsmitteln aus solchem Boden ist Vorsicht anzurathen.

Litteratur: Soyka, Der Boden, Abtheilung aus v. Pettenkofer's und v. Ziemssen's Handb. d. Hygiene, Leipzig 1887. — v. Fodor, Der Boden, in „Handb. d. Hygiene" von Weyl, 1894. — Fränkel, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — ibid. Bd. 6. — Vgl. ferner die von verschiedenen städtischen Verwaltungen (München, Berlin, Frankfurt u. s. w.) herausgegebenen Berichte über die Vorarbeiten zur Canalisation und Wasserversorgung.

Fünftes Kapitel.

Das Wasser.

Im Folgenden ist zunächst die allgemeine Beschaffenheit der natürlichen, zur Deckung des Wasserbedarfs in Betracht kommenden Wässer zu besprechen. Zweitens sind die hygienischen Anforderungen an ein Wasser zu präcisiren; drittens ist zu erörtern, in welcher Weise sich ein Urtheil darüber gewinnen lässt, ob ein Wasser diesen Anforderungen entspricht; und schliesslich ist die Ausführung der Wasserversorgung zu schildern.

A. Allgemeine Beschaffenheit der natürlichen Wässer.

Die Deckung des Wasserbedarfs des Menschen muss aus den natürlichen Wasservorräthen erfolgen, welche in Form von Meteorwasser, von Grundwasser, von Quellwasser, von Fluss- und Seewasser sich vorfinden.

Meteorwasser, das in Cisternen aufgesammelt wird, enthält die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, also Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, ferner zahlreiche Mikroorganismen und aus den Sammelbehältern gewöhnlich organische Stoffe. Es entwickelt sich leicht Fäulniss darin, ausserdem ist es fade von Geschmack; es ist daher nur im Nothbehelf für den Wassergenuss zu verwenden, indess zu manchem häuslichen Gebrauch geeignet.

Grundwasser rekrutirt sich ebenfalls vorzugsweise aus den Niederschlägen. Diese nehmen zunächst von der Bodenoberfläche noch grosse Mengen gelöste und suspendirte Stoffe auf und die Qualität des Wassers wird schlechter. Dann aber findet beim Durchgange durch den Boden gleichsam eine Veredelung des Wassers statt; suspendirte und gelöste Stoffe werden theils zurückgehalten, theils oxydirt und mineralisirt; ausserdem bewirkt die Kohlensäure des Wassers eine partielle Lösung von Bodenbestandtheilen, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Kieselsäure u. a. m., gehen in das Wasser über; endlich wird die Temperatur des Wassers auf eine gleichmässige, eventuell für den Genuss angenehme Höhe gebracht.

Besonders starken Verunreinigungen ist das Grundwasser im städtischen Boden ausgesetzt. Das Material dieser Verunreinigungen bilden Harn und Fäces von Menschen und Thieren, pflanzliche und thierische Abfälle aus Küche und Haus. Von chemischen Körpern sind in den Abfallstoffen vorzugsweise enthalten: Harnstoff, Hippursäure, Kochsalz, Natriumphosphat, Kaliumsulfat, Kalk- und Magnesiaverbindungen; ferner die verschiedensten Produkte der Fäulniss von Eiweisskörpern (Amide, Fettsäuren, Indol, Skatol, Ptomaine), und der Zersetzung von Fetten (Fettsäuren) und Kohlenhydraten (Huminsubstanzen). Daneben enthalten die Abfallstoffe unzählige saprophytische und gelegentlich auch pathogene Mikroorganismen.

Diese Stoffe gelangen auf zwei sehr wohl auseinander zu haltenden Wegen in das Wasser (s. Fig. 64). Erstens sickern sie langsam von der Bodenoberfläche oder von dem die Gruben und Canäle umgebenden Erdreich durch Schichten gewachsenen Bodens in das Grundwasser, und sind dann dem veredelnden Einfluss des Bodens in vollem Maasse

ausgesetzt. Dabei werden vor allem die suspendirten Bestandtheile und die Mikroorganismen vollständig abfiltrirt. Sodann werden Harnstoff, Hippursäure, sowie die stickstoffhaltigen Fäulnissprodukte für gewöhnlich ganz in Nitrate übergeführt. Die Phosphorsäure bleibt gänzlich im Boden zurück, die Chloride dagegen erscheinen vollständig im Wasser, die Sulfate zum grossen Theil. — In einem stark verunreinigten Boden enthält das Grundwasser grosse Mengen Nitrate, viel Chloride u. s. w.; aber die Filtration der Mikroorganismen kommt auch in solchem Boden vollkommen zu Stande. — Unter mancherlei

Fig. 64. Die verschiedenen Wege für die Verunreinigung des Grundwassers, schematisch.

Verhältnissen, z. B. wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, finden sich wenig Nitrate, kleine Mengen von Nitriten, von Ammoniak und grössere Mengen von noch nicht mineralisirten organischen Stoffen im Wasser. — Ist endlich der Boden übersättigt, so erscheinen die organischen Stoffe, daneben Nitrate, Chloride u. s. w., stark vermehrt; aber auch dann kann die Zurückhaltung der Mikroorganismen gerade so gut erfolgen, wie im reinen Boden.

Zweitens können Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen, welche dem Bodeneinfluss nicht ausgesetzt waren. Sie kommen von der Bodenoberfläche durch Undichtigkeiten der Brunnendeckung direct ins Wasser, oder von Gruben und Canälen aus durch zufällig

vorhandene gröbere Communikationen mit dem Brunnenschacht. Dann werden die Mikroorganismen nicht abfiltrirt und eine Mineralisirung der organischen Stoffe findet nicht statt. Diese Verunreinigungen führen daher dem Wasser die verschiedensten Mikroorganismen, daneben organische Stoffe und auch wohl Ammoniak, oft in einer im Verhältniss zu den anorganischen Bestandtheilen sehr grossen Menge, zu. Vom hygienischen Standpunkt aus erscheinen derartige Zuflüsse weit bedenklicher, als die durch den Boden passirten Verunreinigungen.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers ist naturgemäss eine sehr wechselnde. Man beobachtet folgende Mengen gelöster Stoffe:

	Milligramme in 1 Liter:		
	Minimum	Maximum in reinem Wasser	Maximum in abnormem Wasser
Summe der gelösten Bestandtheile	100	500	5000
Organische Stoffe	0	40	1300
Dieselben verbrauchen Sauerstoff	0	2	65
Ammoniak	0	Spuren	130
Salpetrige Säure (haupts. Kaliumnitrit)	0	Spuren	200
Salpetersäure (Calcium-, Kaliumnitrat u. s. w.)	1	15	1300
Chlor (hauptsächlich Kochsalz)	4	30	900
Kalk	25	120	900
Magnesia	0	50	500
Schwefelsäure (haupts. Calciumsulfat)	2	100	1000
Ferner Kalium, Natrium, Kieselsäure, Kohlensäure, Eisen als Ferrosalz.			

Daneben vielerlei suspendirte Bestandteile, z. B. Thon, Eisenoxyhydrat; ferner niedere Thiere, Algen, Bakterien.

Quellwasser nennt man ein Grundwasser, welches freiwillig zu Tage tritt. Das geschieht z. B. dann, wenn die geneigte, undurchlässige Schicht an die Oberfläche tritt. Handelt es sich dabei um Wasser, welches sich auf der obersten Schicht gesammelt und keine starken Bodenschichten durchflossen hat, so kann es ganz gleiche Zusammensetzung zeigen, wie künstlich gehobenes Grundwasser. Meist allerdings stammen die Quellen aus tiefer gelegenen Schichten und sind relativ rein von organischen Stoffen oder deren Zersetzungsprodukten, Directe der Bodenwirkung nicht unterworfene Zuflüsse können gewöhnlich bei der Fassung der Quellen leichter fern gehalten werden, als bei Grundwasserbrunnen. Im Uebrigen richtet sich die Zusammensetzung ganz nach der Bodenformation.

Zuweilen finden sich in grösserer Tiefe Wassermassen zwischen zwei undurchlässige Schichten eingeschlossen, welche sich mit starkem Gefälle senken. Werden solche Schichten in ihrem unteren Theile angebohrt, so strömt das Wasser unter hohem Drucke aus (Artesische Brunnen). Auch deren Wasser ist sehr verschieden zusammengesetzt, oft nicht so rein, als man gewöhnlich annimmt.

Bäche und Flüsse erhalten durch die Meteorwässer zahlreichste Verunreinigungen von der Bodenoberfläche zugeführt: häufig nehmen sie die Canal- oder Spüljauche von ganzen Ortschaften auf, ferner den Ablauf von gedüngten Aeckern, die Abwässer der Schiffe, sowie übelriechende oder giftige Abgänge der Industrie. So enthalten z. B. die Abwässer der Textilindustrie Leim, Blut, Seife, Farbstoffe; Zuckerfabriken, Gerbereien liefern grosse Mengen faulender und fäulnissfähiger Substanzen; Schlachthäuser gleichfalls Massen leicht zersetzlichen Materials; Gasfabriken Ammoniakverbindungen und theerige Produkte.

Viele Bestandtheile dieser Abwässer sind nicht gelöst, sondern suspendirt und unter diesen finden sich zahlreichste Mikroorganismen. Allmählich tritt allerdings im Verlauf des Flusses, wenn keine neuen Verunreinigungen hinzukommen, eine gewisse Selbstreinigung ein. Die suspendirten Bestandtheile setzen sich ab und reissen auch viel Mikroorganismen zu Boden; die Kohlensäure der Bicarbonate des Calciums und Magnesiums entweicht und es entstehen unlösliche Erdverbindungen, welche gleichfalls niederschlagend wirken. Ausserdem tritt ein allmähliches Verzehren der organischen Stoffe durch Mikroorganismen, Algen und Bakterien, ein; endlich werden durch die Belichtung viele Bakterien abgetödtet. Im grossen Ganzen ist das Flusswasser jedoch so bedeutenden Verunreinigungen und so grossen Schwankungen der Beschaffenheit unterworfen, dass es ohne besondere Vorbereitung nicht zu häuslichen Zwecken verwendbar ist. Manche Krankheitserreger scheinen hauptsächlich an Anhängseln der Flussufer wuchern zu können; sie werden dann von jener Selbstreinigung nicht mit betroffen, sondern höchstens theilweise durch den Einfluss des Lichts und concurrirende Saprophyten geschädigt.

Landseen bieten ein günstigeres Material für Wasserversorgung als Flüsse. Die suspendirten Bestandtheile und die Mikroorganismen sind meist ausserordentlich vollständig abgesetzt und das Wasser ist chemisch und bakteriologisch verhältnissmässig rein. Doch kommen auch hier grosse Schwankungen vor und es ist eine Beurtheilung von Fall zu Fall erforderlich. In neuerer Zeit kommt von oberflächlichen Wasseransammlungen noch das Wasser der **Thalsperren** in Betracht,

die das Niederschlagswasser aus grösseren Gebieten in kolossalen Reservoiren aufsammeln. Sie führen, wenn das Niederschlagsgebiet aus unbewohntem waldigem Terrain besteht, ein relativ reines Wasser.

B. Die hygienischen Anforderungen an Trink- und Brauchwasser.

Das Wasser, das den Menschen zum Genuss und Wirthschaftsbetrieb geboten wird, soll 1) wohlschmeckend und von appetitlicher Beschaffenheit sein, so dass es gern genossen wird; 2) soll es nicht zu hart sein; 3) soll es nicht zur Krankheitsursache werden können; 4) soll die Menge zureichend sein.

Zuweilen macht man in Bezug auf die zu stellenden Anforderungen scharfe Unterschiede zwischen Trink- und Brauchwasser. Vom hygienischen Standpunkt aus ist eine solche Untersuchung meist nicht gerechtfertigt. Das Wasser, mit welchem die roh genossenen Nahrungsmittel gewaschen, die Wäsche gereinigt, die Ess- und Trinkgeschirre gespült werden, muss ebensowohl frei von Krankheitskeimen sein, wie das zum Trinken bestimmte.

Nur hinsichtlich des Wohlgeschmacks und der appetitlichen Beschaffenheit und besonders hinsichtlich der Temperatur sind nicht so strenge Anforderungen an ein Brauchwasser zu stellen. Wenn daher ein reichlich und leicht zu beschaffendes Wasser z. B. nur oder vorzugsweise wegen seiner hohen Temperatur zum Genuss ungeeignet erscheint (Flusswasserleitung mit guter Filtration, zu warmes Quellwasser), so kann sehr wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht dies Wasser zu Gebrauchszwecken beizubehalten und durch eine andere, lediglich für Trinkwasser bestimmte Anlage zu ergänzen sei.

1) Für den **Wohlgeschmack und die Appetitlichkeit** eines Wassers ist erforderlich:

Geruchlosigkeit, insbesondere das Fehlen jedes Fäulnissgeruches. Fluss- oder Seewässer, die durch Aufnahme von Fabrikabwässern auch nur zeitweise Geruch nach Petroleum, Carbol und dergl. zeigen können, sind von der Benutzung auszuschliessen. Grundwässer aus Bodenschichten, die reichlich Huminsubstanzen, Braunkohle und dergl. enthalten, weisen neben einem Gehalt an gelösten Eisenverbindungen häufig Geruch nach flüchtigen Schwefelverbindungen auf. Lässt sich dieser Geruch nicht vollständig beseitigen, so sind auch solche Wässer nicht benutzbar. Ferner ist die Abwesenheit jeden Beigeschmacks erforderlich; z. B. nach fauligen, modrigen Substanzen, oder auch nach gelöstem Eisen. Dagegen soll ein erfrischender Geschmack vorhanden sein, der in erster Linie von der Temperatur des Wassers beeinflusst wird, ausserdem vom CO_2- und O-Gehalt; auch ein gewisser

Gehalt an Kalksalzen wirkt günstig, zu kalkarme Wässer schmecken leicht fade. Die **Temperatur** soll sich wo möglich das ganze Jahr zwischen 7 und 11° bewegen; höher temperirtes Wasser bietet keine Erfrischung, kälteres wird vom Magen schlecht vertragen. Die gleichmässige und bekömmliche Temperatur ist bei Wasser aus Grundwasserbrunnen nur vorhanden, wenn sie mindestens 3 m unter der Bodenoberfläche liegen. Flusswasser zeigt — abgesehen von hoher Gebirgslage — im Winter 0°, im Hochsommer + 25°. Dadurch fehlt dem Wasser gerade im Sommer, wo am meisten Wasser konsumirt wird, die erforderliche Frische, und dieses Verhalten allein ist ausreichend, um das Flusswasser ungeeignet für die Benutzung als Trinkwasser erscheinen zu lassen.

Farblosigkeit und Klarheit. Färbung oder Trübung, stamme sie woher sie wolle, macht ein Wasser unappetitlich und ungeeignet zum Genuss. Gelbe Farbe tritt bei Grundwasser aus moorigem Boden und häufig bei Flusswasser auf. Trübung kann bei Flusswasser bewirkt werden durch Lehm- und Thontheile. Am häufigsten kommt eine Trübung durch Ferrihydrat in Betracht. Das **Eisen** pflegt in Form von Eisenoxydulverbindungen (hauptsächlich Ferrobicarbonat) in's Wasser überzutreten, die aus Eisenoxydverbindungen des Bodens unter dem Einfluss reducirender organischer Substanzen (Braunkohle, vermoderndes Holz, Moor, Humus u. s. w.) entstanden sind. Die Ferrosalze trüben zunächst das Wasser **nicht**. Steht dasselbe aber einige Zeit an der Luft, oder wird es erhitzt, so entweicht die CO_2 des Bicarbonats und es erfolgt Oxydation, so dass sich **braune Flocken von Eisenoxydhydrat** abscheiden, die dem Wasser ein unappetitliches Aussehen verleihen und dasselbe für Wäsche, für die Bereitung von Thee, Kaffee u. s. w. völlig unbrauchbar machen. In eisenhaltigem Wasser kommt es ausserdem besonders leicht zur Entwickelung von **Crenothrix** (s. S. 80), deren weissliche oder durch Einlagerung von Eisen braun gefärbte Pilzrasen die Trübung und Unappetitlichkeit des Wassers noch vermehren.

Fehlen grob sichtbarer Verunreinigungen. Eine Wasserentnahmestelle in verschmutzter Umgebung und mit offenbarer Berührung mit Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, ebenso eine Vernachlässigung der Brunnenanlage selbst macht das Wasser unappetitlich und für empfindlichere Menschen zum Genuss ungeeignet. Daher ist Flusswasser zu verwerfen, das die Entleerungen von Schiffern und Dampferpassagieren, die Abflüsse von Aborten, Düngstätten u. s. w. aufnimmt; ferner Wasser aus Brunnen, in deren Umgebung die Bodenoberfläche stark verunreinigt ist und in deren Nähe Abortgruben, Düngerhaufen, Rinnsteine sich befinden. Auch Defekte am Brunnen,

undichte Deckungen, Vermodern der Holztheile können Unappetitlichkeit des Wassers bedingen und sind zu beanstanden.

2) Die **Härte** eines Wassers ist bedingt durch Kalk- und Magnesiasalze, die entweder aus Bodenbestandtheilen gelöst sind (z. B. aus Gipslagern als $CaSO_4$, aus $CaCO_3$-lagern unter Mitwirkung von CO_2 als $Ca(HCO_3)_2$) oder dem Harn und Fäces entstammen. Calcium- und Magnesiumbicarbonat machen die vorübergehende Härte aus, d. h. die Härte, welche nach dem Kochen oder längerem Stehen des Wassers verschwindet, weil die lösende CO_2 abdunstet und unlösliche Monocarbonate als Niederschlag an Wandungen und Boden des Gefässes (Kesselstein) zurückbleiben. Calcium- und Magnesiumsulfat, -nitrat u. s. w. dagegen bedingen die bleibende Härte, die auch nach dem Kochen des Wassers unverändert fortbesteht. — Man bemisst die Härte eines Wassers nach (deutschen) Härtegraden, von denen ein Grad so viel Kalk- und Magnesiaverbindungen anzeigt, dass sie in Bezug auf die Zerlegung einer Seifenlösung sich verhalten wie eine Lösung von 1 mg CaO in 100 cc Wasser.

Zu weiches Wasser ist nur insofern nicht angenehm, als es etwas faden Geschmack haben kann. Zu hartes Wasser hat mancherlei Unannehmlichkeiten: es ist zum Kochen mancher Speisen (Hülsenfrüchte, Thee, Kaffee) ungeeignet, weil sich unlösliche Verbindungen zwischen den Kalksalzen und Bestandtheilen dieser Nahrungsmittel herstellen. — Technisch kommt ausserdem in Frage, dass zum Waschen mit hartem Wasser eine abnorm grosse Menge von Seifen consumirt werden muss, weil ein grosser Theil der Seife durch die Kalksalze zerlegt wird; ferner dass hartes Wasser, namentlich solches mit vielen Bicarbonaten, wegen massenhafter Kesselsteinbildung zur Speisung der Dampfkessel ungeeignet ist.

Ein sehr hoher, 20° überschreitender Gehalt an Kalksalzen (namentlich Calciumsulfat und Magnesiasalzen) scheint bei manchen Menschen gastrische Störungen zu bewirken oder setzt wenigstens eine allmähliche Gewöhnung voraus.

3) **Wasser als Krankheitsursache.** Mehrfach sind durch Wassergenuss Vergiftungen hervorgerufen, und zwar durch einen Gehalt an Arsen- oder Bleiverbindungen. Arsen gelangte früher namentlich durch Abwässer der Anilinfabriken in großen Mengen ins Grundwasser. Ferner ist in den Abfallstoffen der Gerbereien, welche Arsenverbindungen zur Enthaarung benutzen, reichlich Arsen enthalten und dieses kann bei geeigneten Bodenverhältnissen von den Lagerstätten aus nachhaltig und weit in das Grundwasser vordringen. — Ein bedenk-

licher Bleigehalt des Wassers kommt häufiger nur vor durch Aufnahme aus den Bleirohren der Wasserleitungen (s. unter „Wasserversorgung").

Viel bedeutungsvoller ist die Rolle, welche das Wasser beim Zustandekommen parasitärer Erkrankungen spielt.

Gelegentlich kommt es durch Wasser zur Infektion mit thierischen Parasiten. Eier von Taenia solium, Ascaris lumbricoïdes, Oxyuris vermicularis, Distoma haematobium und hepaticum, Embryonen von Botriocephalus latus können mit Wasser aufgenommen werden, allerdings nur bei primitivem Wasserbezug aus unfiltrirtem Oberflächenwasser. — Bei bestimmten Kategorieen von Arbeitern werden häufiger die Eier von Anchylostomum duodenale mit Wasser eingeführt. Dieser 6—8 mm lange Wurm bewohnt beim Menschen den oberen Theil des Dünndarms, dringt dort in die Schleimhaut ein und saugt sich mit Blut voll; seine massenhafte Ansiedlung ruft perniciöse Anämie hervor. Mit den Fäces der Kranken werden die Eier entleert; gelangen diese in feuchte Erde von 25—30° Temperatur, so schlüpft nach 4—5 Tagen der Embryo (die Larve) aus; darauf folgt die Einkapselung, nach welcher die Larve in Wasser lange lebensfähig bleibt. Der Genuss solchen Wassers führt zur Infektion. — Die Gefahr der Ansteckung liegt nur vor bei primitivem Wasserbezug und ausreichender Wärme (25°). Bei Tunnelarbeitern, bei Lehmarbeitern im Sommer, namentlich aber bei Bergleuten, die in tiefen, warmen Gruben arbeiten, sind diese Bedingungen häufig vorhanden. — Durch das Nilwasser scheint auch die ägyptische Dysenterie verbreitet zu werden, die auf bestimmte Amöben zurückzuführen ist (s. S. 82).

Infektionen durch pathogene Bakterien, die mit Wasser eingeführt sind, kommen häufig zur Beobachtung. Die meisten explosionsartigen Massenausbrüche von Cholera asiatica sind durch Wasser und die in diesem enthaltenen Cholerabacillen verursacht. Die Vertheilung der Erkrankungen bei der Choleraepidemie in Hamburg 1892 und verschiedene ähnliche Beobachtungen beseitigen jeden Zweifel daran, dass das Wasser oft das gemeinsame Transportmittel für die infektiösen Keime ist. — Ebenso sind zahlreiche kleinere Gruppenepidemieen und Massenausbreitungen von Typhus abdominalis, die durch das gleichzeitige plötzliche Auftreten der Erkrankungen ausgezeichnet waren, auf Trinkwasserinfektion zurückzuführen, weil das Gebiet des gleichen Wasserbezugs und das der Typhusausbreitung sich genau deckte und andere gemeinsame Vehikel ausgeschlossen werden konnten. In mehreren derartigen Fällen ist es auch gelungen, Typhusbacillen in dem verdächtigen Wasser aufzufinden. — Manche andere gastrische

Erkrankungen sind ebenfalls mit höchster Wahrscheinlichkeit auf Wassergenuss und damit eingeführte Krankheitserreger zu beziehen; z. B. nach Flussbädern beobachtete Fälle von sog. WEIL'scher Krankheit, die durch den Bac. proteus fluorescens hervorgerufen wird. Auch Beziehungen zwischen der Cholera infantum und dem Bakteriengehalt des Trinkwassers sind in Hamburg und Dresden hervorgetreten.

III. In **ausreichender Menge** ist ein Wasser dann vorhanden, wenn pro Tag und Kopf etwa 150 Liter zur Verfügung stehen. Das Minimum des Bedarfs für den Genuss und die Speisenbereitung ist auf Schiffen zu etwa 4 Liter pro Kopf und Tag ermittelt. Bei frei gestelltem Consum beziffert sich der Bedarf incl. des zur Reinigung des Körpers, des Hauses u. s. w., ferner des von den industriellen Anlagen verbrauchten Wassers auf 100—200 Liter, verschieden je nach den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung und der Ausdehnung der Industrie. Von der gesammten Verbrauchsmenge entfallen etwa $^2/_3$ auf die Tagesstunden von 8 Uhr früh bis 6 Uhr Abends; der stärkste Consum trifft die Stunden von 11—12 Uhr Vormittags und 3—4 Uhr Nachmittags.

Dass das Wasser in reichlichsten Mengen zur Disposition gestellt wird, ist eine vom hygienischen Standpunkt aus sehr wichtige Forderung. Nur dann kann die Wasserversorgung zu grösserer Reinlichkeit der Bevölkerung und damit zur Beseitigung grosser Mengen von Infektionserregern Anlass geben.

C. Die Untersuchung und Beurtheilung des Trinkwassers.

Keine der natürlichen Bezugsquellen des Wassers entspricht unter allen Umständen den hygienischen Anforderungen; in jedem Einzelfall hat vielmehr hierüber eine besondere Untersuchung zu entscheiden. Diese umfasst: 1. die sog. „Vorprüfung“; 2. die chemische Untersuchung; 3. die mikroskopische und bakteriologische Untersuchung; 4. die Lokalinspektion.

1. **Die Vorprüfung** soll vorzugsweise über Wohlgeschmack und Appetitlichkeit des Wassers entscheiden. Ausser einfacher sinnlicher Prüfung auf Geruch, Geschmack und Temperatur kann letztere durch Thermometer ermittelt werden, und zwar da, wo das Wasser geschöpft werden muss, mit unempfindlich gemachten Thermometern (s. S. 179) oder mit sog. Schöpfthermometern, bei welchen die Kugel in einem kleinen mit Wasser sich füllenden Behälter steckt.

Farbe und Klarheit sind nach dem Augenschein an Proben von grösserer Schichthöhe zu beurtheilen. — Am wichtigsten ist die Ermittelung von gelöstem Eisen, das anfänglich das Wasser völlig klar erscheinen lässt und erst nachträglich Trübung bewirkt. Man muss daher die Probe beobachten, nachdem man sie längere Zeit in Berührung mit Luft hat stehen lassen oder nachdem man dieselbe gekocht hat.

2. Die **chemische** Untersuchung.

Dieselbe hat zunächst die Vorprüfung des Wassers auf Klarheit zu ergänzen, indem man einen Gehalt an gelöstem Eisen nachzuweisen sucht. Falls nicht zu kleine Mengen Ferrosalz vorliegen, erhält man direct beim Einwerfen eines kleinen Krystalls Ferricyankalium grünblaue Färbung. Kleinere Quantitäten sind zu ermitteln, indem eine Probe des Wassers $^1/_4$ Stunde gekocht, der Niederschlag mit HCl gelöst und dann mit Ferrocyankalium geprüft wird. — Quantitative Bestimmung des Ferrosalzes gelingt unmittelbar nach der Entnahme durch Titriren mit Chamäleonlösung in der Kälte.

Ferner giebt die chemische Untersuchung über die Härte eines Wassers Auskunft. Die Bestimmung erfolgt entweder gewichtsanalytisch; oder durch Titriren mit Seifenlösung: Die Seife setzt sich mit den Kalk- und Magnesiasalzen um (es entsteht unlöslicher fettsaurer Kalk und die Säure der Kalksalze verbindet sich mit dem Alkali der Seife), so lange noch Kalk und Magnesia vorhanden sind; erst nachher bleibt bei weiterem Zusatz Seife als solche bestehen und dies wird kenntlich durch die starke Schaumbildung beim Schütteln (Näheres s. im Anhang).

Von Krankheitsursachen vermag die chemische Analyse die Gegenwart von Blei und Arsen zu ermitteln. Zum Nachweis von Blei versetzt man die Probe mit etwas Essigsäure und Schwefelwasserstoff; ein Bleigehalt verräth sich durch braune bis braunschwarze Färbung. — Arsen ist durch H_2S abzuscheiden, dann in Oxydverbindung überzuführen und im Marsh'schen Apparat zu prüfen.

Ausserdem hat man aus der chemischen Untersuchung Schlüsse zu ziehen versucht auf die Infektionsgefahr und die Appetitlichkeit eines Wassers. In dieser Absicht hat man namentlich: a) die „organischen Stoffe" bestimmt. Da die Ermittelung der gesammten organischen Stoffe auf Schwierigkeiten stösst, begnügt man sich, nur einen Bruchtheil der organischen Stoffe zu bestimmen, welcher leicht oxydabel ist, und zwar denjenigen, welcher bei einer bestimmten Behandlung mit Kaliumpermanganat-Lösung den Sauerstoff der letzteren absorbirt und dieselbe dadurch entfärbt. b) Ammoniak, das fast

stets nur in Spuren vorhanden ist, qualitativ durch das NESSLER'sche Reagens. c) **Nitrite**, ebenfalls stets in sehr geringer Menge vertreten, durch Zinkjodidstücke oder Diamidobenzol und Schwefelsäure. d) **Nitrate**, qualitativ durch Brucinlösung oder durch Diphenylamin; quantitativ durch Titriren mit Indigolösung oder Ueberführen der Salpetersäure in Stickoxyd und Messen des letzteren im Eudiometer. e) **Chloride** durch Titriren mit Silbernitratlösung von bekanntem Gehalt. — Genaueres über alle diese Untersuchungsmethoden s. im „Anhang".

Die Resultate der chemischen Untersuchung sind indess **nicht** geeignet, um Folgerungen für die Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers abzuleiten. — Zunächst sei betont, dass alle untersuchten Substanzen Nitrate, Nitrite, Chloride u. s. w. selbst in der Menge, die in sehr stark verunreinigten Wässern vorkommt, nicht **direct** die Gesundheit zu beeinflussen vermögen. Auch den organischen Stoffen kann eine toxische Wirkung nicht zukommen.

Allerdings werden bei der Fäulniss auch giftige Substanzen producirt, aber immer in ausserordentlich geringer Menge gegenüber den anderen Fäulnissprodukten. Es ist von vornherein völlig unwahrscheinlich, dass in den geringen Quantitäten organischer Stoffe, welche ein Trink- oder Brauchwasser enthält, jemals Gifte in ausreichender Menge vorhanden sind, um toxische Symptome zu veranlassen. Ausserdem ist aber experimentell auf das Bestimmteste erwiesen, dass selbst die unreinsten Wässer, wenn sie bei niederer Temperatur stark concentrirt und Thieren injicirt werden, erst dann giftige Wirkung äussern, wenn auch der eingeäscherte Rückstand in der gleichen Dosis wirkt. Irgend welche organische Gifte sind daher gänzlich auszuschliessen.

Indirect könnte aber eine Gefährdung der Gesundheit von jenen Stoffen insofern angezeigt werden, als sie auf die Anwesenheit von Infektionserregern im Wasser oder in der Umgebung des Wassers hindeuten. Speciell für die Verhältnisse des **Grundwassers** hat man sich in dieser Beziehung früher unrichtige Vorstellungen gemacht.

Man glaubte, dass Zersetzungs- und Fäulnissprocesse identisch seien mit Infektionsgefahr, und man hielt jedes Wasser für infektionsverdächtig, welches Spuren von Abfallstoffen und Fäulnissprocessen aufwies. In diesem Sinne sah man grössere Mengen organischer Stoffe im Wasser als bedenklich an und glaubte, namentlich in den durch Chamäleon rasch oxydabeln Stoffen leicht zersetzliche und besonders gefährliche Verbindungen erblicken zu müssen. Ammoniak und Nitrite sollten als Zeichen dafür angesehen werden, dass nicht die normale Nitrifikation der organischen Stoffe im Boden stattfindet, sondern abnorme Fäulniss- und Reduktionsprocesse. Ferner sollte die Menge der

Nitrate der Menge der in den umgebenden Boden eingetretenen Abfallstoffe entsprechen; ebenso sollten die Chloride, die hauptsächlich dem Kochsalz des Harns entstammen und unverändert den Boden passiren, sich gut als Indikator der Verunreinigung mit Abfallstoffen eignen.

In den letzten Jahrzehnten sind wir indess zu der Erkenntniss gelangt, dass Fäulniss- und Zersetzungsprocesse mit Infektionsgefahr keineswegs identisch sind; für letztere sind nur specifische Mikroorganismen, nicht saprophytische Bakterien von Belang. Ausserdem besteht aber kein Parallelismus zwischen jenen durch die chemische Analyse im Wasser ermittelten Stoffen und seinem Gehalt an irgendwelchen saprophytischen und infektiösen Mikroorganismen. Denn die Wege, auf denen jene Stoffe und andererseits die Organismen ins Wasser gelangen, sind, wie wir oben gesehen haben, ganz verschieden und völlig unabhängig von einander. Organische Stoffe, Nitrate, Ammoniak, Nitrite, Chloride gehen langsam durch den gewachsenen Boden ins Grundwasser; für die Organismen dagegen ist dieser Weg verschlossen, sie gerathen nur durch Undichtigkeiten der Entnahmestelle ins Wasser. Ist ein Boden noch so reichlich mit organischen Stoffen, Nitraten u. s. w. durchsetzt, und treibt man durch solchen Boden ins Grundwasser ein eisernes Rohr, das man von den von der Oberfläche verschleppten Bakterien durch Desinfektion befreit, so gewinnt man aus diesem Rohr anhaltend ein keimfreies, aber chemisch sehr stark verunreinigtes Wasser. — Gelegentlich können wohl Defekte der Entnahmestelle und grobe Zutrittswege für Organismen mit Bodenverunreinigung zusammentreffen; aber meist fehlt jeder Parallelismus.

Noch eine andere Beziehung ist zwischen den chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eines Trinkwassers und infektiösen Organismen denkbar: jene könnten dem Wasser erst die erforderlichen Nährstoffe zuführen, ohne welche eine Wucherung der Infektionserreger nicht zu Stande kommt. Aber auch diese Annahme lässt sich, wie unten erörtert wird, nicht aufrecht erhalten. In stärker gebrauchtem Trinkwasser kommt es anscheinend überhaupt zu keiner Wucherung hineingelangter Krankheitserreger, sondern nur zu einer Conservirung, die für zahlreichste Infektionen ausreicht.

Somit ist das Resultat der chemischen Untersuchung belanglos für die Feststellung der Infektionsgefahr eines Wassers.

Dagegen lässt sich aus der chemischen Analyse häufig ein Anhalt gewinnen für die Beurtheilung der Appetitlichkeit der Anlage. Sind reichlich organische Stoffe, viel Chloride und Nitrate vorhanden, so entstammt das Wasser einem mit Abfallstoffen übersättigten Boden,

und das Wasser kann bei weiterer Verschmutzung der Umgebung in grobsinnlicher Weise unappetitlich werden.

Freilich ist auch hier Vorsicht im Urtheil angezeigt: bei gleicher Bodenverunreinigung zeigt das Grundwasser sehr verschieden starke Verunreinigung je nach der Durchlässigkeit des Bodens, nach der Benutzung des Brunnens, nach dem Zutritt von Flusswasser u. s. w. Nur wenn gleichzeitig an mehreren Stellen die chemische Beschaffenheit des Grundwassers festgestellt wird, für das fragliche Wasser aber erheblich höhere Zahlen gefunden werden, ist der Schluss auf eine abnorme Verschmutzung der Anlage berechtigt. — Selbstverständlich sind auch Wässer verschiedener Herkunft, Fluss-, Quell- und Grundwässer, in dieser Beziehung nicht mit einander vergleichbar. — Sind nur einzelne Substanzen in grösserer Menge vorhanden, z. B. organische Stoffe und Ammoniak, so können diese auch alten Huminlagern entstammen und mit Abfallstoffen nichts zu thun haben.

3. Die **mikroskopische** und **bakteriologische** Untersuchung. Im mikroskopischen Präparat, das man aus dem Absatz des 12—14 Stunden gestandenen Wassers anfertigt, findet man neben mineralischen Bestandtheilen zunächst mancherlei pflanzlichen oder



Fig. 65. Helmintheneier. *a* Ei von Taenia solium. 500 : 1. *b* Ei von Anchylostomum duodenale. 500 : 1. *c* Dasselbe, späteres Stadium. 100 : 1. *d* Dasselbe. 500 : 1. *e* Unreifes, *f* reifes Ei von Botriocephalus latus. 500 : 1. *g* Ei von Ascaris lumbricoides. 500 : 1. *h* Ei von Oxyuris vermicularis. 500 : 1. *i* Ei von Trichocephalus dispar. 500 : 1.

thierischen Detritus. Reste von mehr oder weniger verdauten Fleischfasern sind bedenklich, weil sie auf Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien deuten. Erheblich bedeutungsvoller ist der Nachweis thierischer Parasiten in Form von Eiern von Anchylostomum duodenale, Distoma, Taenia solium, Ascaris lumbricoides, Oxyuris vermicularis u. s. w. (Fig. 65).

In grosser Menge und Mannigfaltigkeit finden sich saprophytische Rhizopoden, Sporozoën und Infusorien im Wasser. Einige der am häufigsten vorkommenden sind in Figg. 66 u. 67 zusammengestellt. Zur Untersuchung lässt man das Wasser in sterilen Gefässen 6 Tage stehen und fertigt dann von der Oberfläche 5 Präparate an. Es ist wahrscheinlich, dass gelegentlich auch krankheitserregende Protozoën durch Wasser verbreitet werden, z. B. die Amöben der egyptischen Dysenterie (s. S. 82). Indess ist die Kenntniss dieser niedersten Thiere nicht so weit vorgeschritten, dass man durch das Mikroskop die wenigen infektiösen Arten unter den sehr viel zahlreicheren unschädlichen herausfinden könnte.

Ferner kommen häufig Algen, Diatomeen und die S. 80 beschriebenen

Wasserpilze im Wasser verschiedenster Herkunft vor. Sie sind an und für sich unschädlich, können aber durch massenhafte Entwickelung das Wasser trüben und zum Genuss ungeeignet machen. — Ueber die in Industrieabwässern wuchernden Organismen s. im IX. Kap.

Ob manchen jener kleinsten Thiere und Pflanzen eine symptomatische Bedeutung für die Beurtheilung eines Wassers zukommt, ist noch zweifelhaft.



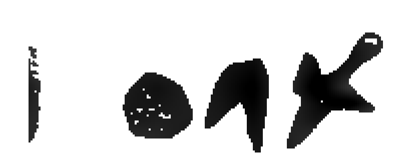


Fig. 66. Infusorien. a Euglena viridis. 100:1. b Paramecium aurelia. 500:1. c Stylonichia. 280:1. d Vorticella. 280:1. e Euplotes Charon. 290:1. f Amoeba diffluens. 200:1.

Die früheren Beobachtungen sind meist ohne die nöthigen Cautelen gegen nachträgliches Eindringen von Keimen (nicht sterilisirte Gefässe u. s. w.) gemacht; ebenso sind Herkunft, Wucherungsbedingungen u. s. w. nicht genügend berücksichtigt. Untersuchungen, bei welchen auf alle diese Momente Rück-



Fig. 67. a Actinophris. b Trichomonas. c Cercomonas. d Lacrimaria olor. e Colpodium colpoda.

sicht genommen ist, haben bisher keinerlei symptomatische Bedeutung der Protozoën des Wassers erkennen lassen.

Zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers ist stets das Culturverfahren anzuwenden.

Man bedient sich für gewöhnlich der oben S. 41 beschriebenen Gelatineplattencultur. — Besondere Vorsicht ist bei der Probenahme des Wassers zu

beachten, damit fremde Bakterien vollkommen ausgeschlossen bleiben. Das Wasser ist entweder in sterilisirte und mit Wattepfropf verschlossene Reagensgläser einzufüllen, die sofort nach der Füllung wieder mit dem Wattepfropf zu schliessen sind. Wenn längerer Transport erforderlich ist, benutzt man sterilisirte Glasstopfenflaschen oder Flaschen mit Patent-Gummiverschluss. — Die Probe muss stets sofort, innerhalb 3 Stunden untersucht werden, da viele Bakterien sich in dem Wasser nachträglich massenhaft vermehren. Eine nach 24 Stunden oder später angestellte Untersuchung giebt völlig unbrauchbare Resultate.

Es werden 4 Platten in Petri'schen Schälchen angelegt und zwar eine mit $^1/_{100}$, die zweite mit $^1/_{10}$, die dritte mit 1, die vierte mit 10 Tropfen des Wassers (20 Tropfen = 1 ccm); zum Abmessen von $^1/_{100}$ und $^1/_{10}$ Tropfen verdünnt man 1 ccm des Wassers mit 100 bezw. 10 ccm sterilisirten Wassers, mischt und entnimmt der Mischung 1 Tropfen. Nach dem Auswachsen der Colonieen werden dieselben mittelst eines Zählapparates gezählt; die einzelnen Colonieen werden mit dem Mikroskop durchmustert und verdächtige in Gelatineröhrchen behufs weiterer Untersuchung übertragen. — Die Untersuchung auf Typhus- und Cholerabacillen hat durch besondere Methoden zu erfolgen; siehe im Anhang.

Die bakteriologische Untersuchung ist vor allem dadurch bedeutungsvoll, dass es mittelst derselben unter Umständen gelingt, Infektionserreger, wie Typhus- und Cholerabacillen, direkt nachzuweisen. Cholerabacillen sind im Wasser eines indischen Tanks, in Hafenwasser, in Leitungs- und Brunnenwasser wiederholt aufgefunden; ebenso ist in vereinzelten Fällen der Nachweis von Typhusbacillen im Leitungswasser geglückt. In weitaus der Mehrzahl solcher Untersuchungen ist freilich das Resultat negativ auch dann, wenn das Wasser zweifellos bei der Ausbreitung der Krankheit ursächlich betheiligt ist; theils deshalb, weil die Untersuchung des Wassers so spät vorgenommen wird, dass die hineingelangten Bakterien mechanisch entfernt oder abgestorben zu sein pflegen; theils weil die Erkennung der immer in starker Minderzahl vorhandenen pathogenen Bakterien unter den saprophytischen auf grosse Schwierigkeiten stösst.

Unter diesen Umständen hat man versucht, die bakteriologische Untersuchung noch in anderer Weise zum Nachweis der Infektionsgefahr auszunutzen, indem man die Zahl der gesammten im Wasser enthaltenen Keime und die unter diesen vorhandenen Arten als Symptome der Infektionsgefahr aufgefasst hat. Dies wird weit eher zulässig sein, als die Annahme symptomatischer Beziehungen zwischen den gelösten chemisch nachweisbaren Stoffen und Infektionsgefahr, weil auch die nicht pathogenen Bakterien doch wenigstens auf denselben Wegen in's Wasser gelangen, wie die pathogenen, während für die chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eine ganz andere Art des Zutritts in Betracht kommt.

Diese symptomatische Verwerthung setzt indessen eine genauere Kenntniss darüber voraus, von welchen Einflüssen die Zahl und das Auftreten verschiedener Arten der in einem Wasser vertretenen Bakterien abhängt; vielleicht wird durch solche Einflüsse eine symptomatische Beziehung zwischen saprophytischen und pathogenen Keimen unmöglich gemacht.

Vor allem kommen die Herkunft und die Zutrittswege der Bakterien in Betracht. Es bestehen hier vorzugsweise zwei Wege: a) Einwanderung vom Boden aus, in erster Linie von der Bodenoberfläche. Von dieser aus werden die Bakterien durch Niederschläge, Schneeschmelze u. s. w. den Bächen, Flüssen und offenen Leitungen zugeführt. Sehr oft gelangen sie aber auch in Grundwasserbrunnen, indem sich unter der Deckung des Brunnens, durch Spalten zwischen der undichten Wandung und dem angrenzenden Erdreich, durch Spalten, die vom Schlammfang durch die Mauerung des Brunnens hindurchführen, gröbere Wege und mittelst dieser Zuflüsse zum Brunnenschacht herstellen (s. Fig. 68). — In tieferen Bodenschichten finden sich solche Communicationen viel seltener; sie können gelegentlich durch tiefreichende Klüfte in felsigem Boden, oder durch Spalten in trockenem Lehmboden, oder auch durch Ratten- und Maulwurfsgänge hergestellt werden. b) Zweitens kommen solche Keime in Betracht, die von der Herrichtung der Wasserentnahmestelle herrühren. Beim Bau eines Brunnens, und wenn dieser auch nur im Eintreiben eines eisernen Rohres besteht, bei der Fassung einer Quelle, bei der Anlage und bei Reparaturen einer Leitung u.s.w. werden durch Verschleppung oberflächlicher Bodentheilchen, durch das verwendete Material und durch die Arbeiter zahlreiche Keime eingebracht.

Das weitere Schicksal der so in das Wasser gelangten Keime ist dann sehr verschieden; sie können sich dort entweder vermehren; oder conservirt werden; oder absterben bezw. mechanisch wieder entfernt werden.

Bezüglich der Vermehrungsfähigkeit im Wasser verhalten sich die einzelnen Bakterienarten so, dass einige im Wasser häufig vorkommende Arten sich ungemein reichlich vermehren, wenn auch das Wasser noch so rein und frei von organischen Beimengungen ist. Dahin gehören sowohl mehrere die Gelatine festlassende, wie auch einige verflüssigende Arten, die gemeinsam als sog. „Wasserbakterien“ bezeichnet werden. — Andere Arten und speciell die meisten pathogenen Bakterien vermehren sich im Wasser nicht oder doch nur für kurze Zeit und in unerheblichem Grade. Der Gehalt eines Wassers an organischen Substanzen zeigt zu der Zahl der entwickelten Bakterien

weniger Beziehung als ein gewisser Salzgehalt. Erst bei relativ grossen Mengen von organischen Stoffen scheinen vorzugsweise saprophytische Arten günstig beeinflusst zu werden. Anhaltende Vermehrung von pathogenen Arten erfolgt hauptsächlich an schwimmenden festen Partikeln aus pflanzlichem und thierischem Detritus.

Conservirung der Bakterien wird von allen Wässern, die den üblichen Salzgehalt aufweisen, geleistet; für pathogene Arten mindestens für Wochen, für viele Saprophyten erheblich länger.

Wiederentfernung der Bakterien erfolgt theils durch Absterben; theils durch Absetzen, namentlich in ruhendem Wasser; bei benutzten Leitungen und Brunnen hauptsächlich durch die häufige Wasserentnahme. Pathogene, nicht fortgesetzt wuchernde Keime werden auf diese Weise gewöhnlich nach einigen Wochen wieder entfernt sein, falls nicht continuirliche Zufuhr zum Wasser stattfindet. Ein Theil der Bakterien pflegt aber jeder Art von Entfernung, auch der mechanischen, sehr energisch zu widerstehen. Leitungsrohre, Brunnenrohre und -Kessel zeigen meist eine schleimige Auskleidung der Wandungen, die hauptsächlich aus Bakterien besteht und die selbst durch stark fliessendes Wasser nicht vollständig beseitigt wird.

Selbstverständlich kommen in ein und demselben Wasser zeitliche Schwankungen des Bakteriengehaltes vor. Manche Flusswässer und Wasser aus Flachbrunnen zeigen im Sommer mehr Bakterien als im Winter; plötzliche starke Regengüsse bewirken in offenen oder undichten Wasserreservoiren erhebliche Steigerungen des Bakteriengehaltes. Ferner pflegt durch längeres Pumpen die Anzahl der Mikroorganismen in den Brunnenwässern zu sinken; doch bleibt bei manchen Brunnen dieser Effekt aus, wenn das Grundwasser selbst bakterienhaltig ist oder wenn starke verunreinigende Zuflüsse fortwährend in den Brunnen gelangen. Zuweilen bewirkt das Pumpen sogar eine Steigerung der Bakterienzahl durch Aufrühren des abgelagerten bakterienreichen Schlammes.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass aus der **Zahl** der Bakterien Folgerungen für die Infektionsgefahr nur mit grosser Einschränkung gezogen werden dürfen.

Nur wenn keine oder sehr wenige (unter 20 in 1 ccm) Keime in einem Wasser gefunden werden, ist ein sicherer Schluss zu ziehen, nämlich der, dass keine Infektionsgefahr vorliegt. Ein solches Resultat ist unbedingt erforderlich z. B. bei der Untersuchung eines für centrale Wasserversorgung bestimmten Quell- oder Grundwassers.

Werden mässige Mengen von Bakterien (20—200 in 1 ccm) in einem Wasser nachgewiesen, so ist Infektionsgefahr nicht sicher ausgeschlossen, weil z. B. die groben Wege, auf denen die Bakterien

zutreten, durch vorübergehende Trockenheit versiegt und die vorher eingeführten Bakterien durch lebhafte Wasserentnahme wieder entfernt sein können.

Sind zahlreiche Bakterien (200—5000 und mehr) vorhanden, so können diese alle von der Brunnenanlage herrühren, zum grossen Theil aus vermehrungsfähigen Wasserbakterien bestehen und daher unverdächtig sein; oder sie können z. B. aus Dachtraufen in den Brunnen gelangt sein, dessen Lage im Übrigen jeden Infektionsverdacht ausschliesst; oder aber sie können von dem Bestehen grosser Zufuhrwege und vom Hineingelangen suspekter Zuflüsse herrühren. — Eine Entscheidung über die Bedeutung der gefundenen Zahl von Bakterien ist daher in den meisten Fällen bei einmaliger Untersuchung nicht zu liefern.

Dagegen ist die Bakterienzählung von grosser Bedeutung bei fortlaufender, täglicher Controle. Alsdann ergiebt sich eine Durchschnittsziffer, deren Ueberschreitung ein vortreffliches Warnungszeichen liefert. Eine derartige Controle ist namentlich für die Filterbetriebe bei Flusswasserversorgungen von grösster Bedeutung (s. unten).

Die **Arten** von Bakterien, die im Wasser angetroffen werden, sind ausser den erwähnten stark vermehrungsfähigen Wasserbakterien sehr mannigfaltig. Nicht selten begegnet man chromogenen Arten; ferner Cladothricheen; auch Schimmelpilzen. Sehr verbreitet sind Coli-Arten, die keineswegs stets auf Zutritt von Fäkalien zum Wasser hindeuten, sondern die von der Anlage herrühren können, oder durch Luftstaub oder durch ganz unverdächtige Zuflüsse in das Wasser gelangt sind. Bestimmte Arten, aus welchen eine Infektionsgefahr gefolgert werden dürfte, sind bisher nicht bekannt. Nur insofern ist die Feststellung der saprophytischen Arten bei der bakteriologischen Untersuchung von Bedeutung, als eine grössere Mannigfaltigkeit der Arten Verdacht auf das Bestehen gröberer verunreinigender Zuflüsse erwecken muss, während die Wasserbakterien und die von der Anlage herrührenden Keime meist keine solche Verschiedenartigkeit der Colonieen verursachen.

4. **Die Lokalinspektion.** Da bezüglich der Beurtheilung der Infektionsgefahr eines Wassers die chemische Untersuchung ganz, die bakteriologische Untersuchung sehr häufig im Stich lässt, ist eine weitere Ergänzung der Methoden dringend erwünscht. Diese wird durch die Lokalinspektion der Wasser-Entnahmestelle geliefert, die darauf ausgeht, festzustellen, ob gröbere Wege für Verunreinigung des Wassers vorhanden sind und ob gelegentlich von diesen aus eine Infektion des Wassers erfolgen kann. Die Lokalinspektion will also nicht

nur eine momentan etwa vorhandene bedenkliche Verunreinigung des Wassers feststellen, sondern sie geht weiter, indem sie ermittelt, ob in absehbarer Zeit überhaupt die Möglichkeit einer Infektion des Wassers vorliegt.

Die Lokalinspektion hat bei Bach- und Flusswässern darauf zu achten, ob irgendwo Abwässer des menschlichen Haushalts, Dejekte von Menschen und Thieren u. s. w. Zugang zum Wasser finden; ob Reinigung von Wäsche stattfindet (Waschbänke); ob Schiffe auf dem Flusse verkehren und in welchem Umfang. — Bei Quellwässern ist festzustellen, ob ihr unterirdischer Lauf nicht etwa kurz ist und ob sie nicht weiter oberhalb aus oberflächlichen Rinnsalen entstehen; ob im Bereich der letzteren gedüngte Wiesen liegen; ob gelegentlich eine grössere Anzahl von Wald-, Wegearbeitern u. s. w. sich dort aufhält, ob Communicationen mit Bächen und Flüssen bestehen.

Bei Grundwasserbrunnen ist zunächst die oberflächliche Umgebung zu mustern; es ist zu ermitteln, ob das Terrain so geneigt ist,

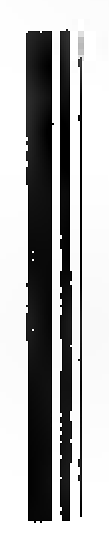


Fig. 68. Schlechter Schachtbrunnen.

dass oberflächlich sich sammelndes Wasser nach dem Brunnen zu abläuft. Sodann ist zu beachten, ob der Brunnenkranz das Niveau überragt, ob Defekte in der Mauerung, in der Deckung, am Schlammfang oder an dem das überschüssig ausgepumpte Wasser abführenden Rinnstein vorhanden sind, durch welche Spülwasser von Wäsche, Geschirren u. s. w. in den Schacht gelangen kann. Sodann ist der Brunnen womöglich aufzudecken und der Schacht im Inneren abzuleuchten; finden Einläufe von Abwässern, Spülflüssigkeiten oder Niederschlagswasser statt, so pflegen sich dunkle oder weissliche Streifen an der Wandfläche zu zeigen. Auch in grösserer Tiefe zutretende Einläufe können oft in dieser Weise erkannt werden. — Sind trotz dringenden Verdachts gröbere Wege zwischen Oberfläche und Brunnen oder z. B. zwischen Quellen und Flüssen nicht ohne weiteres zu ermitteln, so kann

durch Eingiessen von Fluorescin- (Uraninkali) oder Saprollösungen oder auch von Aufschwemmungen von Hefe, B. prodigiosus bezw. Wasservibrionen auf bestehende Communicationen geprüft werden.

Die in dieser Weise vorgenommene Lokalinspektion ist geeignet, werthvolle Aufschlüsse über die Infektionsgefahr eines Wassers geben, meistens besser als die bakteriologische und stets besser als die chemische Untersuchung. Der letzteren ist sie ausserdem noch überlegen in dem Nachweis der Appetitlichkeit des Wassers. Diese ergiebt sich aus der Besichtigung der Umgebung einfacher und zuverlässiger als aus dem vieldeutigen Resultat der chemischen Prüfung.

Entschieden verwerflich ist die Methode, welche man jetzt vielfach noch anwendet, um festzustellen, ob durch Wasser die Ausbreitung einer Epidemie verursacht ist. Dieselbe besteht darin, dass das verdächtige Wasser einem Chemiker oder Apotheker zur Untersuchung zugesandt wird. Dieser giebt sein „Gutachten“ dahin ab, dass das Wasser wegen hohen Gehaltes an organischen Stoffen, Chloriden, Nitraten u. s. w. schlecht, gesundheitsgefährlich und infektionsverdächtig sei. Damit ist dann gewöhnlich die Beweisaufnahme geschlossen und die Aetiologie wird als genügend aufgeklärt angesehen: Das „schlechte“ Wasser hat den Typhus veranlasst. — Wir wissen nun aber aus zahlreichen vergleichenden Untersuchungen, dass oft gerade die typhusreichsten Städte ein chemisch reines, typhusfreie Städte ein enorm verunreinigtes Wasser haben; dasselbe Verhältniss ist für einzelne Stadttheile und Strassen zu konstatiren. Würde man sich in denjenigen Fällen, wo ein Brunnen in solcher Weise verdächtig ist, die Mühe geben, auch die benachbarten Brunnen aus typhusfreien Häusern zur Untersuchung heranzuziehen, so würde man sicher dort oft noch wesentlich höhere Zahlen finden. Nach den oben gegebenen Darlegungen über die Verschiedenheit der Wege für die Infektionserreger einerseits, für die gelösten, chemisch nachweisbaren Verunreinigungen des Wassers andererseits kann ein solches Verhalten auch durchaus nicht überraschen. Angesichts der ungeheuren Verbreitung unreiner Brunnen innerhalb der Städte ist es daher völlig unzulässig, in der chemisch schlechten Beschaffenheit eines einzelnen Brunnens einen Beweis für die Infektiosität des Wassers zu sehen. Erst wenn eine Untersuchung nach den oben angeführten Kriterien eine Infektionsgefahr für das Wasser festgestellt hat, wächst die Wahrscheinlichkeit, dass Infektionen durch das Wasser erfolgt sind; aber auch dann sind in jedem Erkrankungsfall die übrigen Verbreitungswege der Krankheitserreger sehr wohl in Rechnung zu ziehen.

D. Die Wasserversorgung.

1. Lokale Wasserversorgung.

Für einzelne Haushaltungen kommt die Entnahme von Bachwasser, Quellwasser oder Grundwasser in Betracht. Bach- (und Teich-) wasser ist stets suspekt und es bedarf genauer Lokalinspektion, ehe

ausnahmsweise die Benutzung solchen Wassers als Trink- oder Brauchwasser gestattet werden kann. Quellen sind in einer Weise zu fassen, dass sie gegen jede Verunreinigung von aussen geschützt sind; auch die Leitung muss vollkommen geschlossen sein.

Für die Hebung des Grundwassers sind Kesselbrunnen oder Röhrenbrunnen in Gebrauch. Die **Kesselbrunnen** (Schachtbrunnen) müssen völlig dicht gemauert sein, so dass das Eindringen des Wassers nur von unten her erfolgt; ferner müssen sie oben völlig dicht abgedeckt sein und dem Terrain muss eine solche Neigung gegeben

Fig. 69. Guter Schachtbrunnen.

werden, dass das Brunnenrohr auf dem höchsten Punkte steht. Sehr zweckmässig ist es, den Brunnenschacht 1—1$^{1}/_{2}$ m unter der Bodenoberfläche zu decken und dann eine Schicht von Feinsand aufzulagern, so dass etwaige Zuflüsse diese Sandschicht passiren müssen. Ferner ist es empfehlenswerth, das Saugrohr aus dem Kessel unterirdisch eine Strecke weit horizontal zu führen, so dass die Pumpe an ganz anderer Stelle sich befindet, wie der nach oben dicht abgeschlossene und von einer starken Erdschicht überlagerte Kessel. Für das ablaufende Wasser ist ein wasserdichter Trog mit gut gedichteter Ablaufrinne herzustellen (Fig. 69).

Fast immer sind indess die Kesselbrunnen einer Infektion relativ leicht ausgesetzt; ausserdem ist eine Reinigung und Desinfektion relativ schwierig.

Viel besser sind die sogenannten abessinischen **Röhrenbrunnen** zur Wasserversorgung geeignet, bei welchen ein unten durchlochtes eisernes Rohr in die Grundwasser führende Schicht des Bodens eingerammt wird (Fig. 70). Das umgebende Erdreich legt sich diesem Rohr als fester Mantel an, so dass ein Einfliessen von Verunreinigungen ganz unmöglich ist. Nur durch die Oeffnung der oben auf das Rohr aufgesetzten Saugpumpe können mit Staub oder Regen minimale Mengen unschädlicher Bakterien in das Pumpenrohr gelangen, die sich allmählich zu einer schleimigen Auskleidung des Rohres entwickeln.

Diese Brunnen sind sehr leicht zu desinficiren. Schon einfaches Auspumpen und mechanische Säuberung des Rohrs mittelst geeigneter Bürsten liefert fast keimfreies Wasser; durch Eingiessen einer 5 procentigen Mischung von roher Carbolsäure und Schwefelsäure oder auch durch Einleiten von Dampf von 100° für einige Stunden kann das Wasser für mehrere Tage völlig keimfrei gemacht werden.

Wir haben also in diesen Röhrenbrunnen ein vorzügliches Mittel, völlig ungefährliches Wasser zu beschaffen. Gegenüber den Kesselbrunnen haben die Röhrenbrunnen nur dann einen erheblichen Nachtheil, wenn innerhalb kurzer Zeit ausgiebige Wasserentnahme erforderlich ist; in diesem Fall ist das bei den Kesselbrunnen vorhandene grössere Reservoir unentbehrlich.

Fig. 70. Röhrenbrunnen.

Ist das Grundwasser eisenhaltig, so lässt sich das Wasser in manchen Fällen eisenfrei zu Tage fördern, wenn der Brunnenschacht einen Mantel bekommt, der mit Stücken Aetzkalk (Weisskalk) gefüllt ist, und wenn auch der Boden des Schachts mit einer Kalklage bedeckt wird. Eine solche Vorkehrung ist im Stande für viele Jahre alles gelöste Eisen des zuströmenden Wassers abzuscheiden und zurückzuhalten. — Bei vielen eisenhaltigen Wässern versagt indess dies Verfahren. Hier muss dann, entsprechend der unten erläuterten, im Grossbetrieb angewendeten Methode, eine Filtration des Wassers durch ein Grobsandfilter eingerichtet werden, der bei reichlichem Eisengehalt noch eine Lüftung des Wassers durch Niederfall aus einer Brause vorausgehen muss.

In einfachster Form stellt Fig. 71 den dazu erforderlichen Apparat dar, der aus einem Filterfass und einem Fass für das durchfiltrirte reine Wasser besteht. Ersteres erhält eine 30 cm hohe Schicht Sand von 1—1½ mm Korngrösse; die Sandschicht wird mit einem 1 mm dicken, vielfach durchlochten Zinkblech bedeckt. Der Einlauf des Hahns wird durch Messingdrahtnetz gegen Eindringen von Sandtheilchen geschützt. Das Filter muss über Nacht bei geöffnetem Hahn leer stehen; alle 2 bis 4 Monate muss das Filter durch Aufrühren und Waschen des Sandes gereinigt werden. — In Fig. 72 ist der Apparat mit Anwendung einer Flügelpumpe und Brause abgebildet; hier ist ein Spülrohr angeschlossen, durch das die Reinigung bequemer erfolgen kann.

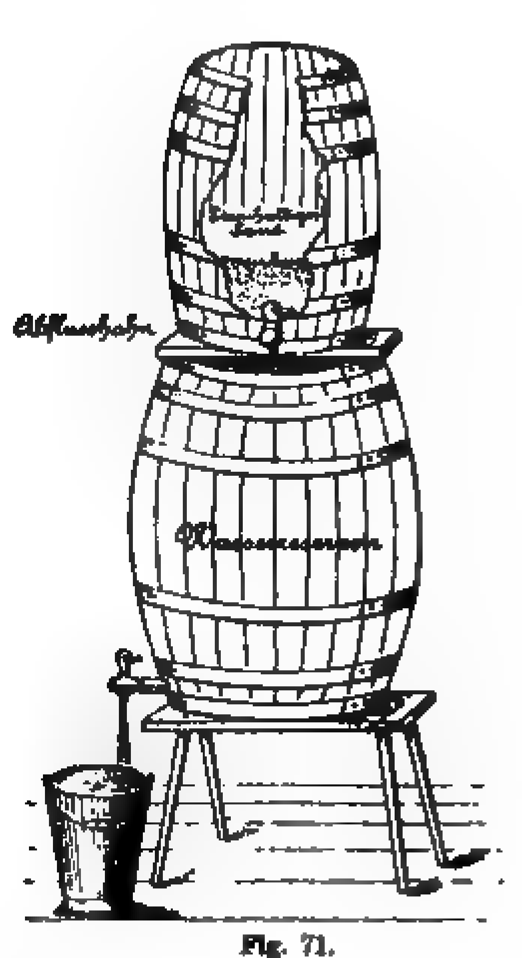


Fig. 71. Fig. 72.
Enteisenung des Wassers bei Brunnenanlagen.

2. Centrale Wasserversorgung.

Centrale Versorgungen sollten so viel als möglich in grösseren und kleineren Städten eingeführt werden. Auf diese Weise kann der stets verunreinigte städtische Untergrund umgangen und also ein viel appetitlicheres Wasser beschafft werden; die Gefahr, dass gelegentlich pathogene Pilze in das Wasser gelangen, kann bei guter Auswahl der Entnahmestelle und guter Deckung der ganzen Anlage auf ein Minimum reducirt werden. Dabei wird durch die ausserordentlich bequeme Lieferung reichlichster Wassermassen die Bevölkerung geradezu zur Reinlichkeit erzogen und damit eine ausserordentlich wirksame Be-

seitigung der Infektionsgefahr erzielt; ferner wird ein Quantum von Arbeitskraft und Zeit erspart, das in nationalökonomischer Beziehung nicht zu unterschätzen ist, und es wird eine wesentlich grössere Garantie für das Löschen entstandener Brände gegeben.

Die Entnahme geschieht dabei entweder aus Quellen. Die Quellen müssen nach aufmerksamer Lokalinspektion und wiederholter bakteriologischer Prüfung (namentlich nach reichlichen Niederschlägen) gefasst werden, um den Bestand derselben zu sichern, gleichmässigen Betrieb zu erzielen und Verunreinigungen fernzuhalten. Reichliche Quellen in der Nähe der Stadt liefern die beste und billigste Bezugsquelle; bei sehr langen Leitungen (wie z. B. Wien 97 km, Frankfurt 82 km) werden die Kosten bedeutend. Die Qualität des Wassers ist meist gut, doch oft die des Grundwassers nicht übertreffend. Die Quantität ist schwer abzuschätzen und schwankt in wenig erwünschter Weise; es sind durch plötzliche Verminderung der Wassermenge schon grosse Calamitäten entstanden. Daher ist eine un-

Fig. 73. Enteisenungsanlage nach Piefke.

land, sondern besser Wiese und Wald, und dass die filtrirende Bodenschicht feinkörnig und von genügender Höhe ist. Das Wasser ist auf seine Keimfreiheit durch Eintreiben eines Röhrenbrunnens, Desinfektion desselben und Probenahme nach anhaltendem Abpumpen zu prüfen. Ausserdem ist es einer genauen chemischen Analyse zu unterwerfen; namentlich ist auch darauf zu achten, ob Eisen im Wasser auftritt. Findet sich letzteres in solcher Menge, dass das Wasser trübe und unappetitlich wird, ist aber im übrigen nichts gegen das betreffende Wasser einzuwenden, so braucht darum noch nicht auf die Benutzung desselben zur Wasserversorgung verzichtet zu werden. Das Eisen lässt sich vielmehr relativ leicht aus dem Wasser entfernen, wenn man letzteres zunächst regenartig herabfallen und über eine Schicht von Cokesstücken rieseln oder auch nur durch ein relativ grobes Kiesfilter fliessen lässt; auf diese Weise wird es so stark durchlüftet, dass die ganze Menge des Eisenbicarbonats die Kohlensäure verliert und durch den Sauerstoff der Luft rasch und vollständig in Eisenoxydhydrat verwandelt wird; die Flocken von Eisenoxydhydrat bleiben im Filter zurück; 1 qm eines solchen Filters filtrirt pro Tag 20 cbm eisenfreies Wasser (s. Fig. 73).

In das ausgewählte Wasserterrain werden dann ein oder mehrere grosse Sammelbrunnen (jetzt gewöhnlich eiserne Röhrenbrunnen) eingebaut, welche eventuell noch mit horizontalen Sammelstollen unter einander verbunden sind; oder es werden aus Sickergräben und Drainrohren Sammelgallerien gebildet.

Gewöhnlich ist Grundwasser relativ billig zu haben; allerdings werden die Kosten der Anlage dadurch erhöht, dass es im Gegensatz zu dem Quellwasser künstlich gehoben werden muss. Aber dafür ist die Entfernung und die Länge der Leitung unbedeutend. Die Qualität steht gewöhnlich dem Quellwasser kaum nach; die Quantität bietet meist keine Schwierigkeiten, das Quantum ist bei sorgsamer Auswahl des Terrains je nach der Vergrösserung der Stadt beliebig zu erweitern.

Drittens wird auch Flusswasser benutzt; jedoch sollte dies nie ohne vorhergehende Reinigung geschehen (s. S. 201). Eine solche erfolgt in unvollkommener und vorbereitender Weise wohl durch Klärbassins, in genügender Weise aber erst mittelst Filtration durch porösen Boden, der in grosse Bassins eingefüllt ist.

Die Bassins sind gewöhnlich 2—4000 qm gross, aus Mauerwerk und Cement wasserdicht hergestellt, in manchen Städten zur Vermeidung von Eisbildung überwölbt. Am Boden befindet sich eine Reihe von Sammelcanälen. Das Filter selbst ist folgendermaassen zusammengesetzt; von unten bis 305 mm Höhe grosse Feldsteine, dann kleine Feldsteine in Schichthöhe von 102 mm, darauf grober Kies 76 mm, mittlerer Kies 127 mm, feiner Kies 152 mm, grober Sand

51 mm, scharfer Sand 559 mm; gesammte Höhe 1372 mm. Nur die Sandschicht von 50—60 cm Höhe wird als eigentliche Filtrirschicht angesehen.

Ein solches Filter wird zunächst gefüllt, bis das Wasser circa 1 m hoch über der Oberfläche steht. Dann lässt man es 24 Stunden oder länger stehen, damit eine Haut von Sinkstoffen sich bildet. Diese bildet nämlich den wesentlichen Theil des Filters, für das der Sand nur die Stütze darstellt; theils durch die oberflächliche Haut, theils durch den schleimigen Ueberzug, den gewisse Bakterienarten in den Poren des ganzen Filters etabliren, findet erst die eigentliche Zurückhaltung der im Wasser enthaltenen Bakterien statt. Nimmt man das Filter, ehe die Decke sich gebildet hat, in Betrieb, so gehen fast alle Bakterien durch. Im Anfang ist die Filtration immerhin noch nicht sehr vollkommen; dafür genügt aber ein Druck von wenigen Centimetern, um die normale Förderung des Filters zu erzielen. Allmählich bei zunehmender

Fig. 74. Filter mit Regulirung nach Gill.

a Filterhaut. *b* Sandschicht. *c* Feinkies. *d* Grobkies. *e* Grosse Feldsteine. In der dem Filter zunächst gelegenen Kammer wird durch die Differenz der beiden Schwimmerstände die Filterdruckhöhe gemessen. In der zweiten Kammer wird durch Regulirung der Schieberstellung die filtrirte Wassermenge constant erhalten.

Verschleimung des Filters, muss man aber mit dem Druck immer höher steigen, um die gleiche Wassermenge durchzutreiben; dabei wird die qualitative Leistung immer besser. Zuletzt kommt man an eine Grenze: Beträgt die Druckdifferenz, bei welcher die mindestens erforderliche Wassermenge gewährt wird, mehr als 60 cm, so ist Gefahr, dass die Decke des Filters zerrissen wird. Bei geringerem Druck wird aber schliesslich die Wassermenge zu gering, und es bleibt dann nichts übrig, als Reinigung des Filters, d. h. es wird zunächst durch eine besondere Entwässerungsanlage alles Wasser abgelassen, und dann wird die oben lagernde braunschwarze Schlammschicht, die gewöhnlich nur einige Millimeter dick ist, abgetragen, höchstens bis 2 cm in den Sand hinein. Es macht für die Filterwirkung nichts aus, wenn auch die Sandschicht bis auf $^1/_3$ ihrer Stärke

aufgebraucht wird. Der schmutzige Sand wird gewaschen und demnächst wieder verwandt.

Filtrationsdruck und Fördermenge müssen fortgesetzt beobachtet werden. Die Sammelcanäle der Filter stehen mit dem gemeinsamen Reinwasserreservoir der Art in Verbindung, dass der Spiegel des letzteren etwa 50 cm tiefer liegt, als der Wasserspiegel der Filter. Am Ausfluss des Reinwassercanals ist eine Schiebervorrichtung, mittelst welcher die Menge des abfliessenden Wassers regulirt werden kann. Aus der Stellung dieses Schiebers wird auf den Filtrationsdruck geschlossen. Die quantitative Leistung des einzelnen Filters dagegen wird aus der Stellung des Schiebers in der Zuflussleitung bestimmt.

Die Geschwindigkeit der Wasserbewegung beträgt bis jetzt gewöhnlich 100 mm pro Stunde; die Fördermenge stellt sich dann auf 0·1 cbm pro Stunde und 1 qm Filterfläche. Rechnet man pro Kopf und die Stunde des maximalen Consums 10 Liter Wasserverbrauch, so ist bei der angegebenen Geschwindigkeit für je 10 Menschen 1 qm Filterfläche erforderlich; für 300000 also 30000 qm. Dazu würde dann noch eine beträchtliche Reservefläche kommen, welche der zeitweisen Ausschaltung eines Filters behufs Reinigung resp. Auffüllung Rechnung trägt.

Die Leistung der Filter bezüglich der Qualität des Wassers besteht darin, dass zunächst die organischen Stoffe und das NH_3 ziemlich erheblich verringert werden; HNO_3 wird wenig, Cl gar nicht beeinflusst. — Die Bakterien werden im Ganzen gut abfiltrirt. Im Durchschnitt findet man 50—200 in 1 ccm. Diese stammen zum Theil von den Bakterien her, welche dem Material der tieferen Filterschichten von vornherein anhaften; zum Theil entstammen sie aber dem unreinen Wasser. Es hat sich gezeigt, dass die Filter niemals völlig keimdicht arbeiten, sondern dass ein kleiner Bruchtheil der aufgebrachten Bakterien regelmässig in das Filtrat geräth; je zahlreicher die Bakterien im unfiltrirten Wasser sind, um so höher steigt auch der Bakteriengehalt des Filtrats. Am günstigsten ist die Wirkung der Filter bei langsamer Filtration, ferner bei Vermeidung stärkerer Druckschwankungen und überhaupt aller Unregelmässigkeiten im Filterbetrieb. Unter solchen Umständen wird die Zahl der Bakterien etwa auf $^1/_{1000}$ reducirt, und damit kommen die Infektionschancen so gut wie ganz in Wegfall.

Eine sehr gefährliche Periode bleibt aber immerhin die Zeit, wo ein gereinigtes Filter neu in Benutzung genommen wird. Alsdann soll das Wasser mindestens 24 Stunden ruhig sedimentiren; und die danach während weiterer 12—24 Stunden durchfiltrirten Wassermengen sollen unbenutzt bleiben. — Ferner kommen bei jedem Filtrirbetrieb gelegentlich noch aussergewöhnliche Störungen des Betriebes vor; entweder kann die Reinigung nicht zur Zeit erfolgen und die Filterdecke reisst; oder es müssen grössere Reparaturen vorgenommen werden; oder das Flusswasser ist durch Hochwasser stark mit lehmigen Partikeln getrübt, und es stellt sich auf den Filtern rasch eine undurchlässige Schicht

her, die fortwährend mechanisch beseitigt oder durch abnorm hohen Druck überwunden werden muss. In allen diesen Fällen treten grosse Mengen von Bakterien im Filtrat auf, und das ist natürlich um so bedenklicher, als das Flusswasser einer Verunreinigung mit pathogenen Keimen ganz besonders exponirt ist.

Die Flusswasserleitungen sind daher hygienisch nur zulässig bei strenger Ueberwachung des Betriebes. Vor Allem muss durch tägliche bakteriologische Untersuchung der einzelnen Filterabläufe controlirt werden, dass in keinem Ablauf mehr als 100 Bakterien in 1 ccm auftreten. Dies Resultat ist erfahrungsgemäss nur zu erreichen, wenn in keinem Filter zu irgend einer Zeit die Filtrationsgeschwindigkeit 100 mm pro Stunde überschreitet, wenn nach der Reinigung eines jeden Filters eine ausreichende Schonzeit gewährt wird, und wenn auch sonst irgend welche den Durchtritt von verdächtigen Keimen gestattende Betriebsstörungen nicht vorliegen.

Bei einigen Wasserwerken verwendet man statt der Sandfilter sogen. Filtersteine (System Fischer-Peters). Es sind dies 1 qm grosse, aus gewaschenem Flusssand von bestimmter Korngrösse mit Natron-Kalksilikat als Bindemittel hergestellte, im Inneren hohle Steine. Die Filtration geschieht von aussen nach innen; die Schmutzschicht fällt von den senkrechten Wänden kontinuirlich ab. Die Reinigung der Filterelemente erfolgt durch Umkehren der Stromrichtung des Wassers. Die Filter beanspruchen namentlich viel weniger Raum als die Sandfilter und sollen den Betrieb erleichtern.

Zu der Infektionsgefahr der Flusswasserleitungen gesellt sich als erheblicher Nachtheil die hohe Temperatur des Wassers während des Sommers; es wird demselben dadurch die erforderliche Frische und Appetitlichkeit gerade zu einer Zeit benommen, wo am meisten Wasser consumirt wird.

Alle neueren Wasserversorgungen sind mit hoch gelegenen Reservoiren für das Reinwasser versehen. Bei Quellwasserversorgung könnte man allerdings das Wasser durch den natürlichen Druck direct bis in die Häuser leiten. Aber es wird dann oft vorkommen, dass bei starkem Consum die Lieferung nicht ausreicht, während bei fehlendem Consum eine solche Anhäufung von Wasser stattfindet, dass ein Theil durch Sicherheitsventile unbenutzt abfliessen muss. — Besser ist es daher, in allen Fällen Reservoire einzuschalten, in welchen das Verbrauchsquantum für mehrere Stunden Platz findet, von dem aus allen Ansprüchen genügt werden kann, und das namentlich auch für Feuerlöschzwecke jeder Zeit die grössten Wasserquantitäten zur Verfügung stellt.

Zu den Hochreservoiren gelangt das Quellwasser mit natürlichem Gefälle (Gravitationsleitung), Grundwasser und filtrirtes Flusswasser

werden künstlich gehoben. Die Hochreservoire werden auf einer nah gelegenen Anhöhe angelegt und dann dicht gemauert, oben gewöhnlich mit Erdschicht bedeckt, die im Sommer mit Wasser berieselt wird; oder eigens für diesen Zweck erbaute Thürme tragen die Reservoire. Von da aus verzweigen sich dann die Canäle in die Stadt. Das Reservoir liegt so hoch, dass das Wasser mit natürlichem Gefälle bis in die obersten Etagen der Häuser steigt.

Die Leitungen bestehen bis zur Sammelstelle hin in gemauerten oder aus Cement- oder Thonröhren hergestellten Canälen. Für das unter Druck stehende Wasser dienen Röhren aus Gusseisen, die auf hohen Druck geprüft sind und die zum Schutz gegen Rostbildung in eine Mischung von Theer und Leinöl eingetaucht sind. — In den Häusern sind Gusseisenrohre nicht zu verwenden, weil hier zu viele Biegungen vorkommen. Schmiedeeiserne Röhren verrosten zu stark. Daher wird meist Bleirohr verwendet.

Allerdings bilden die Bleirohre die Gefahr der Bleivergiftungen. Dieselbe liegt namentlich bei einem sehr reinen und salzarmen Wasser vor; ferner wenn die bleiernen Leitungsrohre zeitweise mit Luft gefüllt sind. Es bildet sich alsdann Bleihydrat, das nicht sowohl im gelösten, sondern in fein suspendirtem Zustand im Wasser vorhanden ist. Grössere Mengen gehen nur in Wasser über, welches längere Zeit (über Nacht) im Rohre gestanden hat. Wasser, das reich an organischen Verbindungen, namentlich Kalksalzen, ist, ferner ein solches, welches organische Stoffe oder kleine Mengen von Eisen enthält, pflegt kein Blei oder doch nur unschädliche Spuren davon aufzunehmen.

Versuche, das Bleirohr mit innerem Zinnmantel herzustellen oder dasselbe mit unlöslichen Ueberzügen zu versehen, sind noch nicht mit völlig befriedigendem Resultat zu Ende geführt. — Sehr zweckmässig ist es, in Städten, welche bleierne Hausleitungen haben, von Zeit zu Zeit öffentliche Belehrungen darüber zu erlassen, dass das erste über Nacht in den Rohren gestandene Wasser unbenützt abfliessen müsse. — Im Nothfall sind auch Hausfilter zur Retention des Bleis zu verwenden.

Die Wasserversorgungen werden gewöhnlich von der Gemeinde ausgeführt. Entweder wird das Wasser dann frei geliefert und die Kosten werden nach Zahl der bewohnbaren Räume, unter Berücksichtigung des Miethzinses, mit 1·8—3·5 Mark pro Jahr und Raum; oder nach Grundstücken; oder nach Procenten des Miethzinses der Wohnungen (2—6 Procent jährlich) berechnet. Oder es sind Wassermesser eingeführt und es werden pro 1 cbm verbrauchtes Wasser 0·1—0·2 Mark bezahlt.

Eine **Reinigung** und **Besserung** verdächtigen Wassers kann am einfachsten erfolgen durch Kochen des Wassers. Hält man das Wasser 5 Minuten im Sieden, so bietet dasselbe keine Infektionsgefahr mehr. Bei stärkerem Consum empfehlen sich besondere Wasser-Kochapparate (z. B. von Siemens & Co., Berlin). Allerdings ist der Geschmack des gekochten und wieder abgekühlten Wassers fade und ist daher ein Corrigens zuzusetzen in Form von Kaffee, Thee, Fruchtsaft, Citronensaft u. s. w. — Zur chemischen Desinfektion des Wassers ist von SCHUMBURG der Zusatz von Brom und nachträgliche Neutralisirung durch Natriumsulfit und Natr. bicarb. siccum empfohlen. Gegenüber grösseren Mengen trüben Wassers wird die sichere Wirkung bestritten.

Ferner kann eine Filtration im Hause in Frage kommen. Für diesen Zweck sind zahlreichste Filter construirt, die sich indess bis jetzt meist nicht bewährt haben. Filter aus plastischer Kohle oder mit Füllung von Sand, Kohlenpulver, Filz, Wolle oder dgl. halten wohl gröbere Trübungen (Eisenhydrat), aber nicht Bakterien zurück. Bei längerer Benutzung bilden sich in solchen Filtern ausgedehnte Wucherungen von Bakterien, die geradezu zur Verunreinigung des durchfiltrirten Wassers führen. — Ein sicher bakterienfreies Filtrat liefern wenigstens zeitweise die PASTEUR-CHAMBERLAND'schen Thonfilter und die BERCKEFELDT'schen Kieselguhrfilter.

Fig. 75. Thon- oder Kieselguhrfilter.

Erstere bestehen aus einer Kerze von Porzellanthon (*c*), die innen einen Hohlraum (*d*) enthält und an einem Ende in eine Manschette aus glasirtem Porzellan (*f*) übergeht. Die filtrirende Flüssigkeit dringt von aussen (aus dem Raum *e*, in das Innere der Kerze und fliesst aus dem Ausflussrohr (*i*) der Manschette ab. Um das Filter mit der Wasserleitung in Verbindung zu setzen, wird die Kerze in eine weitere Metallhülse (*b*) eingesetzt, deren unterer Abschnitt aussen ein Gewinde trägt. Zwischen den unteren Rand der Hülse und die Porzellanmanschette wird ein Kautschukring (*h*) eingeschaltet und nun eine

Metallkapsel (g) auf das Gewinde aufgeschraubt, so dass die Manschette fest gegen den Kautschukring resp. die Hülse angepresst und der Zwischenraum (e) zwischen Hülse und Kerze nach unten dicht abgeschlossen wird. Am oberen Ende der Hülse ist ein Verbindungsrohr zum Hahn der Wasserleitung eingeschraubt, durch welches das Wasser von a her einfliesst.

Bei einem Druck von circa drei Atmosphären liefert eine Kerze Anfangs 1 Liter Wasser innerhalb 20—30 Minuten; schon nach 1—2 Stunden nimmt die Ergiebigkeit erheblich ab. Um die quantitative Leistung zu erhöhen, sind Combinationen von vier und mehr Kerzen construirt. — In den ersten Tagen ist das Filtrat zuverlässig keimfrei. Aber schon nach 3—8 Tagen, wechselnd insbesondere je nach der Temperatur, wachsen einige Bakterienarten durch das Filter hindurch, gelangen auf dessen innere Fläche und theilen sich von da ab in steigender Menge dem Wasser mit. Ausserdem wird der quantitative Ertrag um so geringer, je dicker die Schicht der abfiltrirten suspendirten Stoffe auf der Aussenfläche der Kerze wird; nach einigen Tagen filtriren stündlich nur noch wenige Cubikcentimeter. Man muss daher die Filter häufig, wenigstens alle acht Tage, aus der Metallhülse herausnehmen, an ihrer äusseren Fläche mit Bürsten reinigen, und dieselben dann längere Zeit kochen, um die Bakterien im Innern des Filters abzutödten.

Ein in der äusseren Form dem Chamberlandfilter ähnliches Filter ist von Berckefeldt & Nordtmeyer aus Kieselguhr hergestellt. Dasselbe liefert weit grössere Mengen eines zuverlässig bakterienfreien Filtrats (1 Liter in 5—10 Minuten); ausserdem wird durch eine im Innern der Metallhülse angebrachte automatisch funktionirende Wischvorrichtung die äussere Filterfläche immer wieder gereinigt und dadurch die quantitative Leistung constant auf nahezu der gleichen Höhe gehalten. Auch diese Filterkerzen sind übrigens alle acht Tage von neuem durch einstündiges Kochen der Kerze in Wasser zu sterilisiren. Die Kerzen sind sehr zerbrechlich; um sicher zu sein, dass nicht feine Risse enstanden sind, ist eine häufige bakteriologische Prüfung des Filtrats unerlässlich.

Drittens kann eine Desinfektion der Anlage vorgenommen werden. Am leichtesten sind Röhrenbrunnen zu desinficiren (s. oben). — Schachtbrunnen sind am sichersten zu desinficiren, wenn man heissen Wasserdampf mittelst einer Lokomobile in das Wasser des Schachts einleitet, bis dasselbe 80—90° warm geworden ist. Von chemischen Mitteln ist Kupferchlorür, Aetzkalk, Schwefelsäure (1:1000) empfohlen. — Reservoire und Leitungsrohre grösserer Wasserleitungen sind mehrfach mit Erfolg durch Schwefelsäure (1:1000, 2stündige Einwirkung) desinficirt, ohne dass das Eisen oder Blei der Rohre angegriffen wäre.

Eis. Künstliches Selterwasser.

Früher hat man wohl geglaubt, dass lebende Organismen im Eis nicht vorhanden sein könnten. In der That haben directe Versuche ergeben, dass viele Bakterien bei 0° zu Grunde gehen, namentlich von einer grossen Zahl von Individuen der gleichen Art vermuthlich alle älteren, nicht mehr so widerstandsfähigen Exemplare. Weiter aber ist ein sehr verschiedenes Verhalten der

einzelnen Arten beobachtet; manche scheinen sehr wenig widerstandsfähig zu sein, andere besser, einige leisten sogar bei 0° noch eine gewisse Vermehrung. — Da das Eis gewöhnlich aus sehr unreinem Wasser, Flüssen, Teichen u. s. w. entnommen wird, findet man entsprechend dieser relativ grossen Widerstandsfähigkeit der Bakterien in 1 ccm Schmelzwasser im Durchschnitt 2000, als Minimum 50, als Maximum etwa 25000 lebende Keime. — Es sind diese Befunde offenbar durchaus nicht ohne Bedenken. Im Sommer wird viel Eis roh genossen; ferner wird es nicht selten auf Wunden applicirt. Ersteres sollte nie, letzteres nur über undurchlässigen Unterlagen geschehen. — Ohne Bedenken ist dagegen innerlich und äusserlich das Kunsteis zu verwenden, das durch Verdunstung von comprimirtem Ammoniak aus destillirtem Wasser bereitet wird. Dies Eis enthält im Mittel 0—10 Keime pro 1 ccm. Das destillirte Wasser führt zwar auch oft Massen von sog. Wasserbakterien, aber diese scheinen eben zu den leicht durch Gefrieren zu schädigenden Arten zu gehören.

Die künstlichen kohlensauren Wässer sind im Durchschnitt sehr reich an Bakterien; selbst 7 Monate langes Lagern ändert daran nichts. Auch bei solchem Selterwasser, das aus destillirtem Wasser bereitet wurde, ist der Bakteriengehalt ein sehr hoher. Dagegen ist die Mannichfaltigkeit der Arten in mit Brunnenwasser bereitetem Selterwasser weit grösser; und hier ist jedenfalls die Gefahr einer Infektion ungleich bedeutender. Im destillirten Wasser ist nur auf indifferente saprophytische Bakterien zu rechnen, während ein Brunnenwasser ebensowohl in Form des Selterwassers, wie im natürlichen Zustand zu Infektionen Anlass geben kann.

Absichtlicher Zusatz pathogener Keime zu küustlichem Selterwasser hat ergeben, dass zwar einige Arten (Cholera-, Milzbrandbacillen) rasch absterben, dass aber z. B. Typhusbacillen, Microc. tetragenus u. s. w. einige Tage bis Wochen lebensfähig bleiben. Mit Rücksicht auf diese Resultate ist unbedingt nur das aus destillirtem Wasser oder aus völlig unverdächtigem Brunnen-(Leitungs-)wasser bereitete Selterwasser zu empfehlen.

Literatur: Loeffler, Oesten und Sendtner, Die Wasserversorgung in Weyl's Handb. d. Hygiene, 1896. — Tiemann und Gärtner, Die chem. u. mikrosk. bakteriol. Untersuchung des Wassers, 1896. — Plagge u. Proskauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — Fränkel, ibid. Bd. 6. — Koch, Wasserfiltration u. Cholera, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. — Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1894. — Brix, „Wasserversorgung“ in Behring's „Bekämpfung der Infektionskrankheiten“, hygienischer Theil, 1894. — Kruse, Kritische u. experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 17. — Piefke, Ueber die Betriebsführung von Sandfiltern, ibid. Bd. 16. — Flügge, Verh. d. Ver. f. öffentl. Ges. in Stuttgart, 1895. — Zeitschr. f. Hyg., Bd. 22.

Sechstes Kapitel.

Ernährung und Nahrungsmittel.

Die Aufgaben des folgenden Abschnitts umfassen erstens die Erörterung des Nährstoffbedarfs des Menschen und dessen Deckung durch Nahrungsmittel; und zwar ist dabei zunächst die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe, dann der quantitative Bedarf, und schliesslich die Auswahl und Zusammensetzung einer rationellen Kost zu erörtern. Zweitens sind die Eigenschaften der einzelnen Nahrungsmittel und die hygienischen Nachtheile, welche aus einer abnormen Beschaffenheit, aus Verunreinigungen und Verfälschungen derselben hervorgehen können, zu besprechen.

A. Die Deckung des Nährstoffbedarfs des Menschen.

I. Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe.

Der Zweck der Ernährung ist eine solche Erhaltung (unter Umständen, z. B. beim wachsenden Körper, eine solche Zunahme) des substantiellen Bestandes der gesammten Organe, dass deren Funktionen stets in normaler Weise vor sich gehen. Dieser Zweck ist ohne Zufuhr von Nahrung offenbar nicht zu erreichen, da der Körper einerseits stetig Stoffe zerstört, die seinem Zellbestande angehörten, andererseits für seine Kraft- und Wärmeentwicklung fortwährend Stoffe verbraucht. Der Verbrauch zum Zwecke des Kraftwechsels übertrifft den zum Stoffersatz nöthigen Verbrauch bei weitem. Da es für den Kraftwechsel nicht specifischer Stoffe, sondern nur der in den Stoffen aufgespeicherten chemischen Spannkräfte bedarf, so ist es selbstverständlich, dass die einzelnen Nährstoffe in ihrer Fähigkeit das Leben zu unterhalten, sich wesentlich nur nach dem Maasse ihrer chemischen Spannkraft resp. ihrer Verbrennungswärme im Körper vertreten. Diese Verbrennungswärme beträgt unter den im Organismus vorliegenden Verhältnissen (die für das Eiweiss nur eine unvollständige Verbrennung ermöglichen) im Durchschnitt

für 1 g Eiweiss . . 4,1 Calorien
„ 1 g Fett . . . 9,3 „
„ 1 g Kohlehydrat 4,1 „

100 g Fett sind also ungefähr gleichwerthig 227 g trockenem Eiweiss oder Kohlehydrat, bezw. gleich 1000 g frischer Muskelsubstanz (RUBNER).

Daneben ist auch der kleine Theil von Nahrungsstoffen, welcher dem Stoffwechsel, dem Ersatz resp. Ansatz von Körperstoffen dient, von grosser Bedeutung. In dieser Beziehung können die einzelnen Nährstoffe sich nicht beliebig vertreten, sondern jeder Stoff hat seine specifische Bedeutung, die ihn zum nothwendigen Bestandtheil der Nahrung macht.

In jeder zureichenden Kost finden wir Eiweissstoffe, Fette, Kohlehydrate, Wasser und Salze, und ausserdem noch eine Gruppe von Substanzen, welche als „Genussmittel" zusammengefasst werden. Ueber die Bedeutung dieser einzelnen Stoffe für die Ernährung ist Folgendes hervorzuheben:

1. Die Eiweissstoffe.

Die Grösse des Eiweisszerfalls im Körper ist abhängig:

1) von der Masse der Organe und Säfte; je grösser dieselbe ist, um so mehr wird cet. par. zerlegt. Für die Einheit Körpergewicht berechnet zeigen dagegen die kleineren Individuen, bei welchen das Verhältniss der Körperoberfläche zum Körpervolum grösser ist, den bedeutenderen Umsatz.

2) von der Energie der Zellen. Wie schon die Zellen der verschiedenen Organe nicht gleichwerthig sind, so liegen vermuthlich auch individuelle Differenzen vor. Ferner können bei demselben Individuum Ernährungszustand, Nervenreize der verschiedensten Art, psychische Affekte die Zellthätigkeit verschieben.

3) von der Menge des in der Nahrung zugeführten Eiweissmaterials. Je grösser diese wird, um so mehr Eiweiss wird zerstört. Die Menge des in der Nahrung gegebenen und in die Säfte aufgenommenen Eiweisses ist also auf den Eiweissumsatz im Körper von bestimmtem Einfluss. — Am ausgesprochensten tritt dies an Versuchsthieren hervor, welche ausschliesslich mit Eiweiss genährt werden. Befindet sich ein solches Versuchsthier z. B. mit täglich 500 g Fleisch im Stickstoffgleichgewicht, d. h. scheidet es im Harn 17 g N (100 g Fleisch = 3·4 g N) aus, und man füttert nunmehr täglich 1500 oder 2500 g Fleisch, so ist nach kurzer Zeit wieder N-Gleichgewicht eingetreten und das Thier scheidet 51 resp. 85 g N im Harn aus. Es ergiebt sich hieraus die wichtige Folgerung, dass es nicht, oder doch nur bei überreichlicher Eiweisszufuhr gelingt, in einem an Eiweiss verarmten

Körper Eiweiss durch ausschliessliche Ernährung mit Eiweiss zur Ablagerung zu bringen.

4) von den sonstigen in den Körpersäften vorhandenen Nährstoffen. Passiren Fett oder Kohlehydrate neben Eiweiss die Zellen, so werden sofort die Zerfallsbedingungen in der Weise verschoben, dass viel weniger Eiweiss zerstört wird. Giebt man in dem vorerwähnten Experiment dem Versuchsthier statt 1500 g Fleisch 1000 g Fleisch und 300 g Fett, so wird nun bei weitem nicht der ganze dem Nahrungseiweiss entsprechende N im Harn ausgeschieden, sondern es bleibt ein Theil des Eiweisses unzerstört im Körper zurück, wird abgelagert. Um den Eiweissvorrath des Körpers zu conserviren oder Eiweissansatz zu erzielen, ist es daher am zweckmässigsten, Fett oder Kohlehydrate zu geben und dadurch die Eiweisszerlegung zu beschränken (VOIT).

Das unter dem Einfluss der aufgezählten Faktoren in stärkerem oder geringerem Grade zerstörte Eiweiss muss in voller Menge durch Nahrungseiweiss ersetzt werden; in erster Linie zur Erhaltung des Eiweissbestandes und zur Regeneration der Muskeln, des Hämoglobins u. s. w.; ausserdem weil die Zerfallsprodukte des Eiweissstoffwechsels bestimmte Reize für unser Centralnervensystem liefern, und weil bei Eiweissmangel sehr bald die Verdauungsfermente spärlicher gebildet werden.

Ist einmal der Ersatz für das zerstörte Eiweiss ungenügend, so bietet die oben betonte Abhängigkeit des Eiweissumsatzes von der Menge der circulirenden Eiweissstoffe wesentliche Vortheile. Nur am 1. Tage einer Hungerperiode wird noch eine N-Menge ausgeschieden, welche derjenigen der vorausgegangenen Nahrungstage ungefähr gleichkommt. Von da ab aber geht mit der Verringerung des Eiweissvorraths auch eine stete Verringerung des Umsatzes einher, so dass die Eiweissverarmung nur langsam erfolgt. Erst dann, wenn durch andere die Zerlegung beeinflussende Momente — z. B. psychische Erregung, Fieber u. s. w. — der Umsatz künstlich hochgehalten wird, kommt es zu rascherem und stärkerem Eiweissverlust.

Andrerseits gelingt es aber auch nicht leicht, einem an Eiweiss verarmten Körper wieder einen besseren Eiweissbestand zu verschaffen. Mit einer vermehrten Eiweisszufuhr hält die Zerlegung immer wieder gleichen Schritt, und erst eine richtige Combination von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten vermag eine Besserung des Körperzustandes herbeizuführen (s. S. 243).

Das im Körper zerstörte Eiweiss kann nur auf einem Wege ersetzt werden: durch Zufuhr von Eiweiss in der Nahrung. Eine Bildung von Eiweiss aus anderem Nährmaterial, wie sie die Pflanzen in grossem Umfange bewirken, vermag der Körper nicht zu leisten.

Ausser den echten Eiweisskörpern kommen in der Nahrung noch andere N-haltige Stoffe vor, welche nicht vollwerthige Eiweisskörper darstellen, und auch für die Ernährung nicht die gleiche Bedeutung haben wie diese. Es sind dies die leimgebenden Substanzen, Glutin und Chondrin, ferner Albumosen, Pepton, Nucleïn, Lecithin, Kreatin, Asparagin und andere Amidoverbindungen.

Nur die Albumosen scheinen das Eiweiss voll ersetzen zu können. — Was den Leim betrifft, so ist derselbe chemisch insofern von den Eiweisskörpern verschieden, als in ihm die aromatische Gruppe fehlt, die bei gewisser Zerlegung von Eiweiss zum Auftreten von Tyrosin führt. Früher wurde er gleichwohl für besonders nahrhaft und dem Eiweiss sogar an Nährstoffwerth überlegen betrachtet. Durch Voit's Versuche ist indess ermittelt, dass allerdings ein grosser Theil der im Körper zerstörten Eiweissmenge durch Leim ersetzt werden kann; der in der Nahrung genossene Leim übt eine Eiweiss sparende Wirkung aus, der Art, dass 100 g Leim circa 36 g Eiweiss vor dem Zerfall schützen. Aber wenn auch die Leimzufuhr beliebig gesteigert wird, so ist es doch nicht möglich, ganz ohne Eiweisszufuhr auszukommen. Fortwährend wird vielmehr ein kleines Plus von N ausgeschieden, das muthmaasslich dem organisirten Eiweiss entstammt, und diesen Theil des Eiweissumsatzes vermag man daher mit Leim nicht zu decken. — Auch die Peptone haben nach Voit's Versuchen eine ähnliche Bedeutung wie der Leim. In der vollen, zusammengesetzten Nahrung können wir freilich Leim und Pepton als dem Eiweiss gleichwerthig betrachten, weil dann immer so viel Eiweiss, als neben Leim und Pepton eingeführt werden muss, in der Nahrung enthalten zu sein pflegt.

Die Nucleïne, die z. B. in den Zellkernen enthalten sind, können nicht als Nährstoffe angesehen werden, da sie nicht unverändert resorbirt werden. Die Lecithine, im Eidotter, Gehirn in grösserer Menge enthalten und sehr verbreitet, werden vom Pankreassaft in Neurin, Glycerinphosphorsäure und Stearinsäure zerlegt, und haben ebenfalls keine den Eiweissstoffen, sondern höchstens eine den Fetten ähnliche nährende Wirkung. Die Amidoverbindungen äussern beim Menschen durchaus keine sparende Wirkung auf den Eiweissumsatz; nur für Pflanzenfresser wird eine dem Leim analoge Rolle des Asparagins behauptet.

2. Die Fette.

Das Fett wird im Gegensatz zu den Eiweissstoffen im Körper sehr schwer zerlegt, für gewöhnlich nur in einer Menge von 50—100 g. Wird mehr Fett aufgenommen, so wird der Rest in den Depots abgelagert; es hat also die Vermehrung des Fettes keinen den Umsatz steigernden Einfluss. Dagegen werden bei Muskelarbeit ausserordentlich viel grössere Fettmengen zerstört als bei Ruhe. Die Steigerung der Fettzerlegung kann das 3—4 fache betragen, und je grösser die Arbeitsleistung, um so mehr Fett wird zerstört. Die Leistungen des Fettes bei seiner Zerlegung bestehen: 1) darin, dass es bedeutende Mengen von Wärme erzeugt; 2) wird der Eiweisszerfall wesentlich verringert, wenn Fett neben Eiweiss im Säftestrom circulirt. Wird allerdings bei wenig Eiweiss reichlich Fett in der Nahrung gegeben, so tritt die ersparende Wirkung nicht deutlich hervor. — Von grosser Bedeutung

ist die sparende Wirkung des Fettes in den Fällen, wo die Nahrungszufuhr wegen Krankheit u. s. w. stark absinkt oder aufhört. Es werden dann stets die Fettdepots des Körpers in beträchtlichem Grade angegriffen, und die Zerstörung der Eiweissstoffe wird bedeutend herabgesetzt. Die Verbrennungswärme des in einem Gesunden abgelagerten Fettes beträgt 3 mal so viel, als die Verbrennungswärme des gesammten Zelleiweisses und des leimgebenden Gewebes zusammengenommen (Rubner).

Das im Körper zerstörte Fett ist durch **Fett der Nahrung** zu ersetzen. Es eignen sich dazu die Fette sowohl der thierischen, wie auch der pflanzlichen Nahrungsmittel. Dabei ist nur zu beachten, dass lediglich solche Fette einer Resorption und einer Zerlegung im Körper fähig sind, welche unter 40° flüssig sind; Stearin z. B. ist vollkommen unverdaulich.

Es besteht indess auch die Möglichkeit, das **Fett aus Kohlehydraten** im Körper zu bilden, wenn letztere in überreichlicher Menge gegeben werden. Indess stösst die dauernde Resorption solcher Kohlehydratmengen auf erhebliche Schwierigkeiten.

Sehr gut geeignet zur Vertretung des Fettes sind die **Fettsäuren**, die einen so grossen Procentsatz im Fettmolekül ausmachen, dass sie ungefähr die gleiche ersparende Wirkung ausüben, wie die Fette selbst. Das Glycerin dagegen hat keinerlei Einfluss, weder auf den Eiweiss-, noch auf den Fettumsatz.

3. Die Kohlehydrate.

Mit Eiweiss und Fett sollte der Mensch eigentlich seinen Nahrungsbedarf vollständig decken können; indessen gelingt dies schwer, weil die Grenzen für Resorption der Fette beim Menschen relativ eng gezogen sind. Wir sehen daher, dass in der Nahrung noch ein anderer stickstofffreier Bestandtheil in ausserordentlich grossen Mengen genossen wird, nämlich die Kohlehydrate (Glykosen von der Formel $C_6H_{12}O_6$ resp. Anhydride derselben). Merkwürdigerweise finden wir aber im Körper stetig nur Spuren von Kohlehydraten, kleine Mengen von Glykogen, die gegenüber den 4—500 g genossener Kohlehydrate völlig verschwinden. Es erklärt sich dies dadurch, dass die Kohlehydrate unter allen Umständen bei Ruhe und Arbeit rasch und vollständig im Körper zerfallen und zu den Endprodukten Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Sie werden also nie zu bleibender Körpersubstanz umgewandelt, ausgenommen wenn bei sehr grossen Gaben ein Theil zur Fettbildung verwandt wird.

Bei ihrer völligen und schnellen Verbrennung liefern dann die Kohlehydrate 1) erhebliche Mengen Wärme; 2) äussern sie eine den

Eiweissumsatz herabsetzende Wirkung, und zwar unter allen Umständen, einerlei ob viel oder wenig Eiweiss in den Säften circulirt, also vollkommener als die Fette; 3) bewirken die Kohlehydrate eine geringere Zerstörung des Fettes, und führen häufig eine Ablagerung von Fett im Körper herbei; 4) können die Kohlehydrate selbst eine Umwandlung in Körperfett erfahren.

Die Deckung des Kohlehydratbedarfs geschieht durch die Kohlehydrate der Nahrung, durch Rohr- und Milchzucker, hauptsächlich aber durch Stärke, die allmählich und langsam im Darm in resorbirbaren Zucker übergeht und also gleichsam ein nachhaltiges Reservoir darstellt, aus welchem der Körper für lange Zeit fortgesetzt kleinere Mengen von Kohlehydraten in den Säftestrom überführt.

4. Das Wasser.

Das Wasser bildet einen wesentlichen Bestandtheil der Organe und Säfte; es ist als Lösungsmittel und zum Transport der löslichen Substanzen von grosser Bedeutung; es betheiligt sich an der Wärmeregulirung des Körpers.

Daher ist fast stets voller Ersatz der ausgeschiedenen Wassermenge erforderlich, und dieser erfolgt vorzugsweise durch Zufuhr von Wasser, kann aber auch durch Zufuhr verbrennbaren Wasserstoffs (Kohlehydrate u. s. w.) geschehen. Manche Thiere (Pflanzenfresser) kommen nur mit der letzteren Art von Zufuhr und ohne Wassergenuss längere Zeit aus. Für den Menschen ist indess präformirtes Wasser in einer Menge von 1—2 Liter und mehr erforderlich.

Eine abnorme Verminderung der Wasserzufuhr kommt bei frei gestellter Nahrungsaufnahme kaum vor; dagegen kann sehr leicht ein Uebermaass von Wasser eingeführt werden.

Vorübergehende Erhöhung der Wasserzufuhr bewirkt dann zunächst eine vermehrte Stickstoffausscheidung, die indess wesentlich auf Ausspülung angesammelter Exkrete beruht. Anhaltende abnorm starke Wasserzufuhr hat insofern gewisse Nachtheile im Gefolge, als leicht eine starke Verdünnung der Verdauungssäfte und nach Angabe einiger Beobachter eine Ueberbürdung des Pfortaderkreislaufs entsteht, welche auf die allgemeinen Verhältnisse des Blutdrucks zurückwirkt. Ferner wird dabei den circulatorischen Apparaten übermässige Arbeit zugemuthet, und die Zellfunktionen scheinen weniger energisch vor sich zu gehen. Allerdings verfügt der Körper über gute regulatorische Vorrichtungen, und der völlig gesunde Körper kann daher auch den Genuss grosser Flüssigkeitsmengen lange Zeit ohne Schaden ertragen. Aber

wenn geringe Abnormitäten, Herzschwäche, Verdauungsstörungen, Anämie u. s. w. bereits vorliegen, sollte unnöthige Wasserzufuhr vermieden werden.

5. Die Salze.

Werden die ausgeschiedenen Salze des Körpers nicht ausreichend ersetzt, so giebt derselbe zunächst eine Zeit lang aus seinem Bestande her; bei andauernd salzarmer Nahrung treten eigenthümliche nervöse Erscheinungen und schliesslich der Tod ein. Derartige Folgen beobachtet man aber nur bei Ernährung mit künstlich salzfrei gemachter Nahrung; in der üblichen gemischten Kost sind die nöthigen Salzmengen gewöhnlich vollauf enthalten, während eine einseitige Ernährung z. B. mit animalischer Kost und Mehlpräparaten Defekte in der Blutbildung zur Folge zu haben scheint. Vermuthlich sind die grünen Gemüse als Lieferanten der dem Körper nöthigen Salze von besonderer Bedeutung.

Beim Hund kommt es durch ausschliessliche Fleischnahrung zu einem Kalkdeficit und damit zu rachitischen Erscheinungen. — Bei ausschliesslicher Pflanzennahrung entsteht ferner ein Kochsalzdeficit, indem die Kalisalze der Vegetabilien sich mit dem Kochsalz des Körpers umsetzen; es werden Natriumphosphat und Kaliumchlorid gebildet, und es kommt so eine fortgesetzte Verarmung an ClNa zu Stande. — Ein Mangel an Kalisalzen in Folge ausschliesslich animalischer Kost soll Skorbut hervorrufen; doch ist dies unwahrscheinlich, da auch bei vorwiegender Pflanzenkost (Gefangene) oft Skorbut beobachtet wird; in beiden Fällen fehlt es wohl eher an grünen Gemüsen.

Sehr empfindlich scheint endlich der Körper gegen eine zu geringe Zufuhr von Eisen zu sein. Man nimmt an, dass das Eisen aus der Nahrung in organischen, den Nucleïnen ähnlichen Verbindungen resorbirt wird, von denen im Ganzen nur sehr kleine Mengen für den Körper erforderlich sind. Auch das Eisen ist vorzugsweise in den grünen Gemüsen (Spinat, Bohnen u. s. w.) enthalten.

6. Die Genuss- und Reizmittel.

Eine aus reinem Eiweiss, Fett, Kohlehydraten, Wasser und Salzen zusammengesetzte Nahrung würde immer in einem wesentlichen Punkte noch einer Ergänzung bedürfen: sie würde nur mit Widerstreben genossen werden, so lange nicht eine Gruppe von Stoffen vertreten ist, die wir regelmässig in der Nahrung aller Völker beobachten, nämlich die sogenannten „Genussmittel“. Theils versteht man unter dieser Bezeichnung die in der Nahrung enthaltenen oder ihr zugesetzten schmeckenden Stoffe (die schmeckenden Stoffe des gebratenen Fleisches; das Aroma der Früchte; organische Säuren, wie Weinsäure, Citronensäure; auch den Zucker; ferner die sog. Würzmittel, wie Salz, Pfeffer, Senf u. s. w.); theils Substanzen, welche weniger wegen ihres Geschmacks,

als vielmehr wegen ihrer anregenden Wirkung auf das Nervensystem genossen werden, also mehr als Reizmittel fungiren (Thee, Kaffee, Alkohol, Tabak).

Früher hat man manchen dieser Substanzen einen nährenden oder die Zersetzung von Nährstoffen ersparenden Effekt zugeschrieben. Diese Ansicht ist jedoch als unrichtig erwiesen; kleinere Dosen haben (abgesehen von Zucker) keinerlei stoffliche Wirkung; grössere Gaben von Thee, Kaffee u. s. w. führen eher zu einer Steigerung des Eiweissumsatzes, während allerdings für den Alkohol eine Eiweiss sparende Wirkung nachgewiesen ist.

Sodann hat man sich wohl vorgestellt, dass wenigstens die Ausnutzung der Nahrung im Darm wesentlich durch den Zusatz der Genuss- und Reizmittel beeinflusst werde. Auch das hat sich nicht bestätigt. Von Thieren und Menschen wird eine geschmacklose oder gar widerliche, mit Ekel genossene Nahrung trotzdem gut ausgenutzt.

Die Bedeutung der Genussmittel liegt vielmehr darin, dass sie zunächst zur Aufnahme von Nahrung anregen. Selbst Versuchsthiere weisen eine künstlich geschmacklos gemachte Kost hartnäckig zurück, auch wenn ihnen keine andere Nahrung geboten wird. Der Mensch ist insofern weit empfindlicher, als gewisse Aeusserlichkeiten, ein fremdes Aussehen, ein ungewohnter Geruch, ein unappetitliches Arrangement bereits die Aufnahme der Nahrung hindern; ferner stumpft er sich gegen die gleichen Geschmacksreize ausserordentlich leicht ab und verlangt eine häufige Abwechslung derselben. In den Gefängnissen ist nichts mehr gefürchtet als das ewige Einerlei der breiigen Consistenz der Kost und des Hülsenfruchtaromas; und sehr häufig beobachtet man dort den Zustand der „Abgegessenheit“, in welchem die gleiche Nahrung hartnäckig verweigert wird, die vor Wochen oder Monaten gern genossen wurde. Dieser zwingende Einfluss der Geschmacksreize auf die Nahrungsaufnahme ist in früherer Zeit viel zu wenig gewürdigt worden.

Zweitens äussern viele unter den Genuss- und Reizmitteln eine günstige Wirkung auf die Verdauungsorgane, regen (wie z. B. kleine Dosen Alkohol, Nicotin u. a. m.) Magen- und Darmbewegung an oder befördern (wie Zusatz von Kochsalz, Pfeffer, Senf) die Sekretion der Verdauungsäfte. Dazu äussern noch manche dieser Substanzen eine hemmende und regulirende Wirkung auf das Bakterienleben im Darm; besonders die ätherischen Oele, Senföl, in geringerem Grade auch Alkohol, Kaffee u. s. w. sind geradezu Desinficientien und können daher sehr wohl die Zersetzungen im Speisebrei und den Resorptionsmodus beeinflussen. — Ist also auch die schliessliche Ausnutzung einer Kost mit und ohne Reizmittel ziemlich die gleiche, so treten doch im

letzten Falle leicht allerlei Störungen der Verdauung auf, welche in der Folge die Nahrungsaufnahme herabsetzen; und es ist eben Aufgabe der genannten, je nach Bedarf abzustufenden Reizmittel, die Verdauung so zu leiten, dass sie ohne alle Belästigung abläuft und die weitere Nahrungszufuhr nicht beeinträchtigt.

Drittens sind dann die eigentlichen Reizmittel noch dadurch wichtig, dass sie die Empfindung ungenügender Ernährung und Leistungsfähigkeit verdecken. Ihre die Nerven anregende, den Blutdruck und die Energie steigernde Wirkung steht mit psychischen Eindrücken, begeisternden Ideen u. s. w. auf einer Stufe. In unserer Zeit regen Schaffens und Strebens sind derartige Reizmittel, welche ohne Schlaf oder störende Nahrungsaufnahme die Leistungsfähigkeit des ermüdeten Körpers wieder herstellen, von grosser Bedeutung. Zweckmässig werden dabei nur solche Mittel verwendet, welche von störenden Neben- und Nachwirkungen möglichst frei sind, und eine feine, dem jeweiligen Bedarf angepasste Abstufung gestatten.

Haben somit die Genuss- und Reizmittel unleugbar eine grosse und vielseitige Bedeutung für die Ernährung, so ist doch andererseits ein Maasshalten in ihrem Gebrauch auf's dringendste indicirt. Vor allem ist beim Gebrauch der Reizmittel darauf zu achten, dass nicht etwa Gewöhnung an kleine Dosen eintritt, welche zur Anwendung stetig grösserer verleitet; ferner dass, wenn der Körper durch Reizmittel über das Nahrungsbedürfniss weggetäuscht wurde, die Nahrungszufuhr in vollem Maasse nachgeholt wird. Andernfalls ist eine schnelle und schwer reparable Verschlechterung des Ernährungszustandes unausbleiblich.

Zu schweren Folgen führt insbesondere der Alkoholmissbrauch. Derselbe ruft Erkrankungen des Herzens, der Leber, der Nieren und des Centralnervensystems hervor, so dass Alkoholiker eine erheblich grössere Mortalität zeigen als solche Menschen, die nur wenig Alkohol geniessen oder sich des Alkoholgenusses völlig enthalten (Temperenzler, Abstinenzler). Ausserdem hebt der Alkoholgenuss bei vielen Menschen die sittliche Selbstbeschränkung auf; leichtsinnige Handlungen, Rohheiten, Vergehen und Verbrechen sind sehr oft auf Alkoholrausch zurückzuführen.

Eine Bekämpfung des Alkoholmissbrauchs muss erfolgen theils durch repressives Eingreifen (Controle der Schankstätten, Beschränkungen für die Gewohnheitstrinker, Trinkerasyle u. s. w.), theils durch präventive Maassregeln. Bei der Auswahl der letzteren darf man nicht vergessen, dass in den unteren Volksschichten in Folge fortgesetzter Unterernährung ein mächtiger Trieb nach Reizmitteln vorhanden ist, und dass der Be-

völkerung andere weniger schädliche Reizmittel, Kaffee, Thee u. s. w., eventuell sogar unter Beigabe kleiner Alkoholmengen, in bequemster Weise und für billigsten Preis dargeboten werden müssen, wenn der Kampf gegen Alkoholmissbrauch erfolgreich sein soll. Zahlreichste kleine, aus öffentlichen oder privaten Mitteln unterstützte Kaffee- und Theehäuser sind am besten im Stande, dem Schankstättenunwesen Abbruch zu thun. In Verfolgung ferner liegender Ziele ist die Besserung der Ernährung und der Wohnung der arbeitenden Bevölkerung, sowie deren gesamte sociale Hebung anzustreben, aus der sich ohne weiteres eine Einschränkung des Alkoholmissbrauchs ergeben wird.

II. Quantitative Verhältnisse des Nährstoffbedarfs.

Zur Ermittelung der erforderlichen Nährstoffmengen dienen folgende Wege:

1) Untersuchungen im Respirationsapparat und Stickstoffbestimmungen im 24stündigen Harn bei einzelnen gesunden Menschen. Da aber richtige Mittelwerthe nur dann erhalten werden, wenn grosse Beobachtungsreihen zu Grunde liegen, so geben die folgenden Methoden bessere Aufschlüsse.

2) Ausgehend von der Erwägung, dass das Menschengeschlecht durch Instinkt und uralte Tradition im grossen Ganzen eine richtige Zusammensetzung der Nahrung gefunden hat, können wir aus der Kost frei lebender gesunder Individuen die nothwendige Menge und das richtige Mischungsverhältniss der Nahrung entnehmen. Man erhält um so brauchbarere Zahlen, je zahlreichere Untersuchungen ausgeführt werden. Das Verfahren besteht darin, dass stets eine der genossenen gleiche Portion der Nahrung in's Laboratorium geschafft und dort einer genauen Analyse unterworfen wird. Womöglich ist die Stickstoffbestimmung im 24stündigen Harn zuzufügen, damit man sich von dem Gleichgewichtszustand des Körpers der untersuchten Individuen überzeugt. Ferner ist die Menge der erfahrungsgemäss nicht resorbirten Nährstoffe zu berücksichtigen. — Bei zahlreichen Arbeitern, Aerzten u. s. w. sind in dieser Weise Erhebungen angestellt.

3) Mit Hülfe sorgfältig geführter Haushaltungsbücher, wie sie sich in manchen Familien, in öffentlichen Anstalten, beim Militär u. s. w. vorfinden, kann man die gewünschten Bedarfszahlen durch einfache Berechnung finden. Auch die statistisch festgestellte, in einem ganzen Lande verzehrte Menge bestimmter Nahrungsmittel gestattet derartige Berechnungen. Aus den Haushaltungsbüchern ist die pro Monat (Jahr) eingekaufte und verwendete Menge der einzelnen rohen Nahrungsmittel festzustellen. Von diesen sind in Abzug zu bringen die Abfälle, und zwar ist zu rechnen bei:

Rindfleisch	16 %	Abfall	Fische	25 %	Abfall
Hammelfleisch	11 %	„	Kartoffeln	40 %	„
Kalbfleisch	13,5 %	„	Weiss- und Rothkohl	23 %	„
Schweinfleisch	10,5 %	„	Kohlrüben	33 %	„
Fleisch im Mittel (je nach den Lieferungsverträgen kommen starke Schwankungen vor; daher wo möglich besonders zu controliren.)	13 %	„	Mohrrüben	30 %	„
			Kohlrabi	28 %	„

Die übrig bleibenden Nahrungsmittel gelten als verzehrt. Für diese ist nach der Tab. S. 251 die Menge der physiologisch verwerthbaren Calorien; oder nach S. 252 die consumirte Menge von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten zu berechnen, dabei aber der nicht resorbirbare Antheil von Eiweiss und Kohlehydraten nach der Tab. S. 247 in Abzug zu bringen.

Man erhält so die Summe der verzehrten verdaulichen Mengen an Calorien, Eiweiss, Fett und Kohlehydraten, und mittelst Division durch die Kopfzahl die pro Kopf und Monat (resp. nach Division durch die Zahl der Tage die pro Kopf und Tag) entfallende Ration an Nährstoffen.

Aus den nach vorstehenden Methoden angestellten Untersuchungen haben sich bestimmte Mittelzahlen für den Bedarf des Körpers ergeben, der verschieden ausfällt, wenn nur der Bestand erhalten, oder wenn Ansatz von Eiweiss oder Fett, oder aber Verlust von Fett erzielt werden soll.

1. Erhaltung des Körperbestandes (Erhaltungskostmaass).

Die Mittelzahl für den 24stündigen Nährstoffbedarf erwachsener Männer ist, sofern nur der Gesammt-Kraftwechsel in Frage kommt, = **3000** Calorien; und unter Berücksichtigung der Vertheilung auf die verschiedenen Nährstoffe:

105 g verdauliches Eiweiss, **56 g** Fett, **500 g** Kohlehydrate (Voit).

Diese Zahlen unterliegen durch den Einfluss verschiedener Momente erheblichen Schwankungen:

1) durch die Körpergrösse, oder genauer den Umfang der thätigen Muskel- und Drüsenzellen. Dieselbe ist von grosser Bedeutung; oft treten bei der Vergleichung ganzer Völker oder Bevölkerungsklassen ausgeprägte Differenzen hervor, z. B. sind durchschnittlich bei den kleineren und schwächlichen sächsischen, italienischen, japanischen Arbeitern wesentlich niedrigere Zahlen beobachtet als bei dem grösseren und kräftigeren oberbaierischen Arbeiter. Im Mittel sind 40—50 Calorien pro Kilo Körpergewicht zu rechnen. — Zu beachten ist andererseits, dass die Wärmebildung bei verschieden grossen Individuen von der Oberflächenentwicklung abhängt, so zwar, dass je kleiner ein Thier ist, um so grösser die auf 1 Kilo Körpergewicht treffende Oberfläche und um so grösser auch die pro Kilo Körpergewicht gebildete Wärme ist.

2) durch die individuelle Energie und Reizbarkeit. Lebhafte, leicht erregte, immer geistig thätige Menschen bedürfen grösserer Nahrungsmengen zur Erhaltung ihres Körperbestandes als trägere Temperamente. Auch derartige Gegensätze finden sich oft bei ganzen Völkerracen ausgeprägt (Yankees und Kreolen).

3) durch die Arbeitsleistung. Bei der Arbeitsleistung wird erheblich mehr Wärme gebildet unter Steigerung der Zerlegung von

Fett und Kohlehydraten. Es sind also dem Arbeitenden mehr Fett und Kohlehydrate in der Nahrung zuzuführen. Einseitige Steigerung der Kohlehydrate belästigt leicht die Verdauungsorgane; daher ist jedenfalls ein Theil des Kohlenstoffs in Form von Nahrungsfett zuzuführen. — Bei andauernder angestrengter Arbeit ist aber nicht minder eine Erhöhung der Eiweisszufuhr nothwendig, weil dann die zerlegenden Zellen verhältnissmässig grossen Umfang haben und sich stark abnutzen, und weil auch ein starker Eiweissgehalt der Säfte für die Unterhaltung der energischen Leistung förderlich zu sein scheint.

4) durch das Lebensalter. Mit dem Alter pflegt der Stoffumsatz abzunehmen; jedoch tritt dieser Zeitpunkt oft sehr spät ein, und bei Erhaltung der geistigen Regsamkeit vermindert sich auch der Nahrungsbedarf nur wenig. — Ueber den Bedarf des kindlichen und wachsenden Körpers s. unten.

5) Das Geschlecht. Frauen haben im Allgemeinen, entsprechend ihrem kleineren Körper und der geringeren Arbeitsleistung geringeren Nährstoffbedarf. Bei alten sich ruhig verhaltenden Frauen (Spittelbewohnerinnen) finden wir das niedrigste Kostmaass, das überhaupt zur Beobachtung gelangt.

6) Eine Ausnahme machen die Frauen zur Zeit der Gravidität und namentlich zur Zeit der Laktation. Während der Laktation ist in erster Linie reichliche Eiweisszufuhr nothwendig, weil bei einer Verminderung derselben die Sekretion der Milch rasch beeinträchtigt wird und Schrumpfen der Milchdrüse eintritt. Erhöhte Fett- und Kohlehydratzufuhr wirkt bei zu wenig Eiweiss in keiner Weise steigernd auf die Milchsekretion.

7) Witterung und Klima. Je nach der Aussentemperatur variirt der Eiweisszerfall relativ wenig; dagegen wird die Wärmebildung durch Kälte gesteigert (s. S. 98). Bei gleichbleibender Kost müssten wir daher eigentlich im Sommer an Gewicht zu-, im Winter abnehmen. Thatsächlich tritt indess in praxi häufig das Gegentheil ein, weil im Sommer der Appetit geringer ist, leichter Verdauungsstörungen auftreten, und weil reichlichere Bewegung im Freien zu starker Schweisssekretion und lebhafterer Fettzerlegung Anlass giebt.

Im Sommer und im heissen Klima ist der Kraftwechsel des Arbeitenden der gleiche wie im kalten Klima. Für den Ruhenden besteht bei mässiger Ernährung keine wesentliche Aenderung im körperlichen Verhalten, dagegen wird der Kraftwechsel in belästigender Weise gesteigert durch Uebernährung, besonders durch Eiweissüberschuss.

Im kalten Klima ist energische Wärmeproduktion, ferner die Ablagerung einer gewissen Fettschicht im Körper, welche die Wärmeabgabe einschränkt, von Vortheil; sodann sind gewöhnlich ausgiebige willkürliche und unwillkürliche Bewegungen zu bestreiten. Für alle diese Zwecke ist reichlichste Nahrungszufuhr indicirt.

Für die wichtigsten Schwankungen im Erhaltungskostmaass ergiebt sich sonach folgende Uebersicht:

	Calorien	Verd. Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
Kräftiger Mann, vorzugsweise ruhend	2400	105 g	50 g	4—500 g
Schwächlicher Mann, ruhend .	1800	75 „	40 „	3—400 „
Schwächlicher Mann, arbeitend	2400	75 „	60 „	4—500 „
Alte Frau, ruhend	1600	60 „	30 „	250 „
Kräftiger Mann, arbeitend . .	3000	122 „	75—100 g	4—500 „
Kräftiger Mann, stark arbeitend	4890	183 „	100—150 „	5—600 „
Frau zur Zeit der Laktation .	3300	130 „	100 g	450 „

Für Kranke und Reconvalescenten in Bettruhe sind pro Kilo Körpergewicht 20 Cal. zu rechnen.

2. Eiweiss-(Fleisch-)Ansatz beim Erwachsenen.

Ein Fleischansatz ist z. B. erforderlich bei Reconvalescenten, insbesondere nach fieberhaften Krankheiten, wo wir einen erheblich erhöhten Umsatz im Körper, eine gesteigerte Ausscheidung von Stickstoff, Kohlensäure, Salzen (namentlich Kalisalzen) und in Folge dessen rasche Abnahme des Körpergewichts beobachten. — Was zunächst die Ernährung während der Krankheit betrifft, so hegte man früher wohl die Befürchtung, dass durch Darreichung von Nahrung die Temperatur erhöht werde. Aus Stoffwechselversuchen weiss man aber, welch' enorme Mengen von Nahrungsstoffen zerlegt werden können, ohne dass die Körpertemperatur sich irgendwie ändert. Die Zufuhr von Nahrung ist daher für die Körpertemperatur relativ belanglos und erst wenn die regulatorischen Apparate nicht richtig funktioniren, kann, unbekümmert um die Nahrungszufuhr, Temperaturerhöhung eintreten. Insofern ist daher eine Aufnahme von Nahrung während des Fiebers nicht contraindicirt; wohl aber kommt es häufig vor, dass es im Magensaft an Salzsäure fehlt, dass der Darmtractus der Kranken sehr empfindlich ist und durch die Nahrungszufuhr gereizt wird. Mit Rücksicht hierauf wird man gewöhnlich nur ein geringes Quantum leicht verdaulicher Nahrung reichen können; so viel irgend statthaft ist, sollte

man aber zuführen, damit nicht eine zu rasche Verarmung des Körpers an Eiweiss und Fett eintritt.

In erster Linie sind in solchen Fällen Kohlehydrate indicirt, da durch diese der Eiweisszerfall in wirksamster Weise beschränkt und die Fettdepots des Körpers geschont werden. Fette sind als zu schwer verdaulich auszuschliessen; Eiweiss oder Pepton ist erst dann in geringer Menge zu geben, wenn bereits eine Zufuhr von Kohlehydraten besteht.

In der Reconvalescenz ist, so lange noch kein grösseres Nahrungsvolum aufgenommen werden kann, aus denselben Gründen das Hauptgewicht auf Kohlehydrate zu legen. In einer späteren Periode, wo bereits so viel genossen werden kann, dass der Gesammtbedarf des Körpers durch die Nahrung voll gedeckt ist, muss das Eiweiss über den Bedarf des Kraftwechsels hinaus gesteigert werden, um reichlichen Ansatz zu erzielen. Nahrungsfett ist in geringer Menge zu geben, da es leicht Widerwillen erregt. Die Vegetabilien, mit welchen der grösste Theil des Kohlehydratbedarfs gedeckt werden muss, liefern zugleich einen Ersatz der im Fieber vermehrt ausgeschiedenen Kalisalze.

Ein besonderer Fall einer auf Fleischansatz berechneten Ernährung liegt dann vor, wenn durch eine länger währende irrationelle Kost Eiweissverarmung des Körpers eingetreten und vorzugsweise Fett an Stelle der verlorenen Eiweissstoffe zur Ablagerung gekommen ist. Solche „aufgeschwemmte“ Individuen müssen vor Allem reichlich Eiweiss, daneben die gewöhnliche auch in der Ruhe zerstörte Fettmenge und relativ wenig Kohlehydrate (130—150 g Eiweiss, 50 g Fett, 300 g Kohlehydrate) erhalten. Um das Volum der Nahrung zu ergänzen und Sättigung zu erzielen, sind cellulosereiche Gemüse und Früchte zuzufügen. Ferner sind systematische Muskelbewegungen erforderlich, um das überschüssige Körperfett zu zerstören. Der Wassergenuss ist möglichst einzuschränken resp. wenigstens während der Mahlzeiten zu vermeiden. Die Insufficienz der Verdauungssäfte eiweissarmer Individuen macht es ausserdem oft nothwendig, dass nur leicht verdauliche Kost, eventuell unter Zufügung von Salzsäure und Pepsin, gereicht wird.

3. Fettansatz.

Eine stärkere Fettablagerung wird beim Menschen nicht angestrebt, da sie die Leistungsfähigkeit des Körpers hemmt und oft geradezu pathologisch wird. Wohl aber kommt es unabsichtlich nicht selten zu hochgradiger Obesität durch eine irrationelle Ernährung, und es ist wichtig zu wissen, welche Lebensweise den Fettansatz am meisten

befördert, damit eine solche vermieden werden kann. Im Allgemeinen gelingt die intensivste „Mästung“ durch genügende Eiweiss- und reichliche Fett- und Kohlehydratzufuhr neben möglichster Körperruhe. Ob Fett oder Kohlehydrate besser wirken, das hängt namentlich ab von der Leistungsfähigkeit der Verdauungsorgane. Bei Pflanzenfressern gelingt die Mästung lediglich mit Eiweiss und Kohlehydraten, wobei allerdings die Eiweissmenge gleichfalls etwas zu steigern ist. Beim Menschen zeigt die Combination von Fett und reichlich Kohlehydraten gewöhnlich den schnellsten Effekt (etwa 120 g Eiweiss, 100 g Fett, 500 g Kohlehydrate). Körperruhe ist eine der wesentlichsten Bedingungen zum Gelingen der Mästung. Ausserdem gehört aber auch eine gewisse individuelle Disposition, ein phlegmatisches Temperament, dazu, das sich bei Manchen erst im Alter einstellt.

4. Fettverlust.

Abgesehen von der Darreichung von Medicamenten, namentlich Laxantien, kann eine Entfettung des Körpers erzielt werden:

a) Durch forcirte Körperbewegung ohne gleichzeitige Steigerung der Nahrung; das Körperfett muss dann der Zerstörung anheimfallen. Der Fettansatz beginnt aber wieder, sobald die Bewegung vermindert oder die Nahrungszufuhr erhöht wird; letzteres geschieht um so leichter, als die forcirte Bewegung den Appetit lebhaft anzuregen pflegt.

b) Durch fast völliges Fortlassen des Fettes und der Kohlehydrate und fast ausschliessliche Ernährung mit Eiweiss (Bantingkur). Die Kost ist alsdann zur Deckung der Gesammtausgaben des Körpers unzureichend, daher wird das Fett des Körpers in den Zerfall einbezogen; durch reichliche Bewegung ist dieser Zerfall zu beschleunigen. Häufig wird bei einem derartigen Regime das Hungergefühl zu lästig; ferner entstehen leicht Verdauungsstörungen, und bei langer Fortsetzung der Kur, nachdem das Körperfett grösstentheils zerstört ist, kann eine nicht unbedenkliche Eiweissverarmung des Körpers sich ausbilden.

c) Ebstein's Methode, bei welcher eine sehr geringe Menge von Kohlehydraten, aber reichlich Fett und mässig Eiweiss gegeben wird. Die Gesammtmenge der Nahrung ist unzureichend; das Hungergefühl soll aber durch die reichlichen Fettmengen unterdrückt und die Kur somit für längere Zeit durchführbar werden. Bei Vielen erzeugen indess die grossen Fettgaben Widerwillen oder Verdauungsstörungen; und dann kommt es zu rascher Eiweissverarmung, die gerade bei fetten Individuen gefährlich ist. Für solche, die viel Fett consumiren und vertragen können, ist die Kur erfolgreich und ohne Beschwerden.

d) Am meisten empfiehlt sich eine Ernährungsweise, die im Princip von Voit, Oertel und Schwenninger empfohlen wird und — mit gewissen Modificationen — in Folgendem besteht: Reichliche Eiweiss-, normale Fett-, zu niedrige Kohlehydratzufuhr; daneben starke Körperbewegung; die Wasseraufnahme soll beschränkt und zwischen die Mahlzeiten verlegt werden; um das Hungergefühl zu beschwichtigen, ist die Nahrung auf zahlreiche kleine Mahlzeiten zu vertheilen. Sehr empfehlenswerth ist es, Früchte, zarte Gemüse u. s. w., welche weiche Cellulose liefern und nicht nähren, aber sättigen, nach Bedarf zuzufügen. Allmählich ist die Kohlehydratmenge zu steigern, damit keinesfalls Eiweissverarmung des Körpers eintritt.

Sorgfältiges Individualisiren ist bei der Auswahl und Durchführung der Entfettungskuren durchaus erforderlich; bei fanatischem Festhalten an einem Schema kommen oft schwerere Ernährungsstörungen zu Stande.

Ueber den Bedarf des wachsenden Körpers s. unten im Kapitel „Die Ernährung des Kindes mit Milch und Milchsurrogaten“.

III. Die Auswahl der Nahrungsmittel zur Deckung des Nährstoffbedarfs.

An die tägliche Kost sind vom hygienischen Standpunkte aus zunächst die im Vorstehenden näher begründeten Anforderungen zu stellen, dass dieselbe die nöthigen Nährstoffe enthält, und dass sie genügende Geschmacksreize in entsprechender Abwechselung bietet.

Ausserdem ist aber des weiteren noch zu fordern:

1) dass die Nahrung gut ausnutzbar und leicht verdaulich sei;

2) dass sie wo möglich durch entsprechende Zubereitung verdaulicher und schmackhafter gemacht werde, dass sie aber beim Aufbewahren und Zubereiten keine schädlichen Bestandtheile, Parasiten, Fäulnissgifte, metallische Gifte u. s. w. aufnimmt;

3) dass sie ein zur Sättigung ausreichendes Volum, jedoch kein zu grosses Volum ausmacht;

4) dass sie richtig temperirt genossen wird.

1. Die Ausnutzbarkeit und Verdaulichkeit der Nahrungsmittel.

Früher glaubte man für die Abschätzung des Nährwerthes der einzelnen Nahrungsmittel nur der Resultate der chemischen Analyse zu bedürfen. Aber es hat sich gezeigt, dass in unserem Verdauungstraktus durchaus nicht dieselben Mengen Eiweiss, Stärke u. s. w. zur Resorption gelangen, die bei der chemischen Analyse aus einem Nahrungsmittel

erhalten werden. Namentlich ist das Eiweiss oft in Cellulosehüllen eingeschlossen, welche im Darm nicht gelöst werden können. Ausserdem bestimmt man den Eiweissgehalt der Nahrung gewöhnlich dadurch, dass man die Stickstoffmenge ermittelt und aus dieser durch Multiplikation mit 6·25 die Eiweissmenge berechnet. Nun enthalten aber viele Vegetabilien reichliche Mengen von Amiden und Amidosäuren (in der Kartoffel z. B. 50 Procent der N-haltigen Stoffe, ebenso viel oder noch mehr in manchen Gemüsen). Andere Nahrungsmittel enthalten Nucleïne, Leim u. s. w., kurz eine Menge von Stoffen, welche alle viel Stickstoff bei der Analyse liefern, aber entweder gar keine oder doch nicht dem Eiweiss gleichwerthige Nährstoffe darstellen. Es muss daher für jedes Nahrungsmittel erst gesondert festgestellt werden, wie viel resorptionsfähigen Nährstoff es enthält.

Die Versuche werden entweder in der Weise angestellt, dass der Eiweiss-, Fett- und Kohlehydratgehalt einer genossenen Nahrung genau bestimmt und dann in den zu dieser Nahrung gehörigen Fäces die Menge der unresorbirten Nährstoffe ermittelt wird. Um zu erkennen, welche Fäces als unverdauter Theil einer bestimmten Nahrung anzusehen sind, führt man vor und nach dem Genuss der Versuchsnahrung sogenannte markirende Stoffe ein, die sich leicht wieder erkennen lassen, z. B. Preisselbeeren, Kohle, grosse Portionen Milch, welche letztere einen wenig gefärbten, festen Koth liefern u. s. w. — Oder man stellt künstliche Verdauungsversuche im Brütofen an, und vermag dabei namentlich die peptonisirbaren Eiweissstoffe von den übrigen stickstoffhaltigen, aber dem Eiweiss nicht gleichwerthigen Stoffen zu scheiden.

Es hat sich bei diesen Versuchen ergeben, dass die Ausnutzung zuweilen individuell nicht unerheblich verschieden ist; bei demselben Individuum treten dann aber noch Schwankungen auf, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, und zwar ist zunächst das Volumen der Nahrung von Einfluss. Ein zu grosses Volumen setzt die Resorption herab, bewirkt ausserdem noch leicht Magenerweiterung, und in Folge davon stetes Hungergefühl, sobald nicht die Nahrung in abnormer Menge zugeführt wird. Ferner setzt die Beimengung von Cellulose die Resorption sämmtlicher Nährstoffe herab und zwar um so stärker, in je grösserer Menge und in je gröberer Form sie vorhanden ist. Auch sehr grosse Fettmengen haben bei vielen Individuen ähnliche Wirkungen; und ebenso beeinträchtigt ein Ueberschuss von Kohlehydraten die Ausnutzung dadurch, dass Gährungen und Gährungsprodukte entstehen, welche reizend auf die Darmschleimhaut und die Darmbewegung wirken. Sehr verschieden gestaltet sich ferner die Ausnutzung je nach der Mischung verschiedener Nahrungsmittel. — Von grosser Bedeutung für die Ausnutzbarkeit ist die Zubereitung der Nahrungsmittel, durch welche das Volumen derselben geändert,

Cellulose entfernt, Fett und Kohlehydrate zugefügt oder beseitigt werden (s. unten).

Trotz dieser zahlreichen, einflussreichen Momente lassen sich gewisse Durchschnittszahlen aufstellen (s. Tabelle). Die Zahlen zeigen in sehr ausgesprochener Weise, dass die animalische Nahrung im Ganzen eine weit bessere Ausnutzung gestattet, während bei Vegetabilien die gesammte Ausnutzung der Nährstoffe schlechter und die Ausnutzung der Eiweissstoffe in ganz besonderer Weise verringert ist.

In neuerer Zeit ist es zweifelhaft geworden, ob der Koth, den man als den nicht resorbirten Theil der Nahrung betrachtet, nicht zum wesentlichsten Theil aus Darmsecreten entsteht, die bei schwer resorbirbarer Nahrung in grösserer Menge abgesondert werden. Insofern ist es richtiger, von mehr oder weniger Koth bildenden Nahrungsmitteln zu sprechen, als von mehr oder weniger ausnutzbaren (Praussnitz).

Es wurden nicht resorbirt in Procenten (Rubner):

Nahrungsmittel	Von der Trockensubstanz	Vom Eiweiss	Vom Fett	Von den Kohlehydraten
Gebratenes Fleisch	5·3	2·6	—	—
Schellfischfleisch	4·3	2·5	—	—
Harte Eier	5·2	2·6	4·4	—
Milch	8·8	7·1	5·3	—
Milch und Käse	6·4	3·3	5·2	—
Weizenbrot, feinstes Mehl	4·2	21·8	—	1·1
„ grobes Mehl	12·2	30·5	—	7·4
Roggenbrot, grobes Mehl	13·1	36·7	—	7·9
„ aus ganzem Korn	20·9	46·6	—	14·3
Maccaroni	4·3	17·1	—	1·2
Reis (Risotto)	4·1	20·4	—	0·9
Mais (Polenta)	6·7	15·5	—	3·2
Erbsen	9·1	17·5	—	3·6
Bohnen	18·3	30·2	—	—
Kartoffelbrei	9·4	30·5	—	7·4
Gelbe Rüben	20·7	39·0	—	18·2

Von der Ausnutzbarkeit verschieden ist die Leichtverdaulichkeit der Nahrungsmittel. Erstere misst den Antheil der Nährstoffe, welcher überhaupt schliesslich zur Resorption gelangt, unbekümmert um etwa dabei auftretende Verdauungsbeschwerden. Unter einem leicht verdaulichen Nahrungsmittel dagegen verstehen wir ein solches, welches auch in grösserer Menge genossen, rasch resorbirt wird, und

selbst bei empfindlichen Menschen keine Belästigung in den Verdauungswegen hervorruft. Dasselbe Nahrungsmittel (z. B. der Käse) kann gut ausnutzbar aber schwer verdaulich sein; harte und weiche Eier, Stärke und Zucker sind in gleichem Grade ausnutzbar, aber in Bezug auf die Schnelligkeit der Verdauung erheblich verschieden.

Als leicht verdaulich sind namentlich gut zerkleinerte, von den Verdauungssäften leicht zu durchdringende, fett- und cellulosefreie Nahrungmittel zu bezeichnen. Für schwer verdaulich gelten concentrirte, stark fetthaltige compakte Nahrungsmittel, welche dem Durchdringen der Verdauungsäfte viel Widerstand entgegensetzen (Käse, harte Eier, wenig zerkleinertes Fleisch, mit Fett und Zucker bereitete Backwaaren) oder welche durch scharfe Stoffe, Cellulose, spätere Gährungen den Darm abnorm reizen (ranzige Butter, Pumpernickel, ganze Leguminosen u. s. w.). — Auch auf die Leichtverdaulichkeit einer Nahrung ist die Zubereitung derselben von grossem Einfluss.

2. Aufbewahrung und Zubereitung der Nahrungsmittel.

Bei der Aufbewahrung der zum Genuss bestimmten Nahrungsmittel muss darauf gesehen werden, dass dieselben keinerlei Gerüche, schädliche Stoffe und namentlich keine Infektionserreger aufnehmen können. Besondere reinlich gehaltene und ventilirbare, von den Wohn- und Schlafräumen getrennte Vorrathsräume sind dazu unerlässlich, fehlen aber nicht selten selbst in den elegantesten städtischen Häusern. — Da ferner die meisten Nahrungsmittel, besonders die animalischen, rascher Zersetzung durch Saprophyten unterliegen, sind antifermentative Mittel anzuwenden, wenn eine längere Conservirung der Nahrungsmittel beabsichtigt ist. Hierzu eignet sich vor Allem die Kälte; Keller von ausreichender Tiefe oder Eisschränke finden am häufigsten Anwendung. Zu beachten ist, dass in den Eisschränken die Speisen höchstens auf + 7° abgekühlt zu werden pflegen, dass also die Bakterienentwickelung keineswegs ganz aufhört, sondern nur verzögert wird; die Speisen sind daher nur eine begrenzte Zeit haltbar.

Sonstige Mittel zur Conservirung bestehen im Kochen; Kochen in verschlossenen Gefässen; Trocknen; Räuchern; Zusatz von Salicylsäure u. dergl., oder in einer Combination mehrerer Verfahren. Dieselben finden namentlich für Milch, Fleisch und Gemüse Anwendung (s. dort).

Eine Zubereitung der Nahrungsmittel ist nothwendig, einmal um die Speisen schmackhafter zu machen, so dass sie zum Genuss anregen; dann um sie ausnutzbarer und leichter verdaulich zu machen.

Dieser Zweck wird erreicht a) durch Abtrennen der Abfälle. Die aus grober Cellulose bestehenden Hüllen der Gemüse, die Sehnen und Fascien des Fleisches u. s. w. werden entfernt. Ueber die Menge der Abfälle siehe die Tabelle S. 239. b) Durch mechanisches Bearbeiten. Klopfen des Fleisches sprengt die Bindegewebshüllen; Zerkleinern und Zermahlen bewirkt bei vegetabilischen Nahrungsmitteln eine Trennung der das Eiweiss und die Stärke einschliessenden Hüllen, vergrössert die Oberfläche und arbeitet dem Kauen der Nahrung vor. c) Durch Kochen mit Wasser, Dämpfen, Braten, Backen werden Cellulosehüllen gesprengt, Stärkekörner in lösliche Stärke oder Dextrin übergeführt, das Eiweiss zum Gerinnen gebracht. Die Nahrungsmittel verlieren dabei theils Wasser, theils nehmen sie mehr Wasser auf. Manche lösliche Stoffe gehen in das Kochwasser über. — Anhaftende Parasiten und Infektionserreger werden vernichtet. d) Durch Gährungsprocesse, mittelst deren Brotteig, Backwerk u. s. w. aufgetrieben und gelockert, oder Fleisch oder cellulosereichere Vegetabilien verdaulicher gemacht werden (Einlegen von Fleisch in saure Milch; Gährung des Sauerkohls).

Beachtenswerth sind die neueren Kochverfahren von Becker, Grove und Anderen, welche in öffentlichen Anstalten bereits vielfach Eingang gefunden haben. Bei denselben lässt man Dampf von 60—70° sehr lange auf die Speisen einwirken. Ein Anbrennen, Ueberkochen u. s. w. kann nicht stattfinden, die Beaufsichtigung ist daher sehr einfach; ferner findet kein Auslaugen der Speisen statt. Fleisch wird zart und saftig, Gemüse werden völlig weich, die Stärke wird besser aufgeschlossen. Ob wirklich, wie Einige behaupten, auch eine bessere Ausnutzung der vegetabilischen Eiweissstoffe durch dies Kochverfahren möglich wird, ist noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Bezüglich des Materials der Kochgeschirre ist Vorsicht geboten, da nicht selten Gifte aus denselben in die Speisen übergehen und zu Vergiftungen Anlass geben. — Kupfer- und Messinggefässe sind mit Vorsicht zu verwenden. Dieselben dürfen nur in völlig blankem Zustande ohne jeden Ansatz von sog. Grünspan zum Kochen benutzt werden. Sauere Speisen dürfen überhaupt nicht in Kupfergeschirren bereitet werden; verschiedenste mehl- und zuckerhaltige Speisen dürfen nicht in denselben aufbewahrt werden, weil durch allmähliche Bildung organischer Säuren Kupfer gelöst werden könnte. Zweckmässig kommen nur verzinnte oder besser vernickelte Kupfergeschirre in Gebrauch. — Verzinnte Kochgefässe, Conservebüchsen u. s. w., ferner glasirte resp. emaillirte irdene oder eiserne Gefässe enthalten oft Blei. Ueber die mit Bezug hierauf gebotenen Vorsichtsmaassregeln s. Kap. IX. — Vernickelte Gefässe lassen in sauere Speisen geringe, aber wie es scheint unschädliche, Spuren von Nickel übergehen. Aehnlich verhalten sich Aluminiumgeschirre.

Da mit den Nahrungsmitteln vielfach Krankheitserreger eingeschleppt werden, ist peinlichste Reinlichkeit in Bezug auf alle Küchenutensilien und gelegentliche Desinfektion mit kochender Sodalösung erforderlich.

3. Das Volum der Nahrung.

Eine an Nährstoffen ausreichende, aber zu wenig voluminöse Kost würde kein Sättigungsgefühl hervorrufen und dadurch an einem schweren Fehler leiden. Im Mittel ist zur Sättigung eines Erwachsenen die fertig zubereitete feste Nahrung in einem Quantum von 1800 g erforderlich; doch kommen bedeutende individuelle Abweichungen vor und namentlich ist bei Menschen, die wesentlich von Vegetabilien und fettarmer Kost leben, das Volum höher (auf 2500—3000 g) zu bemessen.

Das Volum, in welchem die einzelnen Speisen die gleichen Mengen von Nährstoffen gewähren, hängt ab von den nach der Bereitung vorhandenen Wassermengen. Im Allgemeinen sind die animalischen Nahrungmittel die concentrirteren, weil sie bei der Zubereitung noch Wasser verlieren, während die Vegetabilien als fertige Speise sehr viel mehr Wasser enthalten, als im Rohzustande. Es beträgt der Wassergehalt von:

Rindfleisch,	frisch	75	Procent.	Weizenmehl	13	Procent.
„	gekocht	57	„	Weizenbrod	38	„
„	gebraten	59	„	Erbsen, roh	14	„
Kalbfleisch,	frisch	78	„	Erbsenbrei	73	„
„	gebraten	62	„	Erbsensuppe	90	„
				Kartoffel, roh	75	„
				Kartoffelbrei	78	„

Leguminosen, Kartoffeln und die meisten anderen Gemüse können deshalb überhaupt nicht über ein gewisses Maass hinaus genossen werden, weil sonst das Volum der Gesammtnahrung ganz abnorm vermehrt und die Ausnutzung wesentlich herabgesetzt werden würde.

Handelt es sich allerdings darum, eine möglichst leicht verdauliche Kost herzustellen, so ist flüssige oder breiige Consistenz im Allgemeinen vorzuziehen. Im Kindesalter ist zweifellos eine solche Beschaffenheit der Kost einzig indicirt; ebenso ist sie bei Kranken und Reconvalescenten empfehlenswerth, obwohl hier in vielen Fällen consistentere, aber gut zerkleinerte Nahrung ebenso gut vertragen wird.

Für den gesunden Erwachsenen ist breiige und flüssige Kost nur in Abwechselung mit fester Nahrung zulässig, weil sonst die nöthige Nährstoffmenge nicht zugeführt werden kann, und die reizlose Beschaffenheit der Kost leicht Widerwillen hervorruft (Gefängnisskost).

4. Die Temperatur der Nahrung.

Als normal ist für den Säugling eine Temperatur der Nahrung zwischen + 35° und + 40°, für den Erwachsenen zwischen + 7° und + 55° zu bezeichnen. Niedriger temperirte Speisen und Getränke

führen leicht zu gastrischen Störungen, bedingen ausserdem Verlangsamung der Herzthätigkeit und bei grösseren Flüssigkeitsmengen ein Absinken der Körpertemperatur. — Habitueller Eisgenuss in der warmen Jahreszeit ist entschieden bedenklich, ganz abgesehen von der Infektionsgefahr, der man sich durch den Genuss des Roheises aussetzt.

Zu heisse Speisen können Verbrennung oder wenigstens Hyperämieen und Epithelschädigungen der Mund- und Magenschleimhaut bewirken; vielleicht sind sie im Stande die Verdauungsfermente zu beeinträchtigen; ausserdem erfolgt durch heisse Getränke Steigerung der Pulsfrequenz und eventuell der Körpertemperatur.

Bei der Zusammensetzung einer rationellen Kost genügt es vielfach, wenn man nur den Kraftwechsel ins Auge fasst und den Nährwerth der Nahrungsmittel nach Calorien berechnet. Folgende Tabelle giebt für einige der wichtigsten Nahrungsmittel den Betrag der physiologisch verwerthbaren Calorien:

100 g	mageres Fleisch	liefern	100	Cal.	100 g	Schwarzbrot	liefern	220	Cal.
100 „	Fisch	„	70	„	100 „	Weissbrot	„	210	„
1	Ei	„	80	„	100 „	Reis	„	350	„
1	Eigelb	„	60	„	100 „	Mehl	„	330	„
100 „	Milch	„	65	„	100 „	Erbsen	„	310	„
100 „	Butter	„	770	„	100 „	Kartoffeln	„	90 ·	„

Eine Kost, welche die erforderlichen Calorienmenge deckt, kann indess, wie sich aus den vorstehenden Ausführungen ergiebt, durch eine unrichtige Vertheilung von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten doch noch zu Belästigungen und Schädigungen des Körpers führen. Auch die einzelnen Nährstoffe werden daher in rationeller Weise gruppirt werden müssen. Dabei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Es stehen uns zur Deckung des Nahrungsbedarfs theils vegetabilische, theils animalische Nahrungsmittel zur Verfügung. Die Zusammensetzung der wichtigsten derselben geht aus nebenstehenden Tabellen hervor. Vergleicht man den Gehalt beider an Nährstoffen, so ist ersichtlich, dass bezüglich des Eiweissgehaltes die animalischen Nahrungsmittel, z. B. Fleisch, Milch, Käse, den ersten Platz einnehmen. Sie enthalten procentisch die grösste Menge Eiweiss und dieses in einer völlig ausnutzbaren Form; unter den Vegetabilien zeichnen sich nur die Leguminosen durch einen höheren Eiweissgehalt aus, der aber wesentlich dadurch beeinträchtigt wird, dass diese Eiweissstoffe nur zu 50 bis 70 Procent ausnutzbar sind. Kartoffeln, Kohl und andere Gemüse kommen bezüglich der Eiweisszufuhr so gut wie

Chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel.

Animalische Nahrungsmittel.

	Wasser	Eiweiss (6·25 × N)	Fett	Kohlehydrate und N-freie Extractivstoffe	Asche
	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent
Frauenmich	89·2	2·1	3·4	5·0	0·2
Kuhmilch	87·5	3·4	3·6	4·8	0·7
Ziegenmilch	86·91	3·69	4·09	4·45	0·86
Stutenmilch	90·71	1·99	2·05	5·70	0·37
Eselsmilch	90·04	2·01	1·39	6·25	0·31
Butter	14·14	0·68	83·11	0·70	1·19
Käse (fett)	35·75	27·16	30·43	2·53	4·13
„ (halbfett)	46·82	27·12	20·54	1·97	3·05
„ (mager)	48·02	32·65	8·41	6·80	4·12
Abgerahmte Kuhmilch	90·63	3·06	0·79	4·77	0·75
Ochsenfleisch, mittelfett	72·25	21·39	5·19	—	1·17
Kalbfleisch, mager	78·82	19·86	0·82	—	1·33
Schweinefleisch, fett	47·40	14·54	37·34	—	0·72
Schinken, geräuchert	27·98	23·97	36·48	1·50	10·07
Leberwurst	48·70	15·93	26·33	6·38	2·66
Häring, frisch	80·71	10·11	7·11	—	2·07
„ gesalzen	46·23	18·90	16·89	1·57	16·41
Schellfisch	80·92	17·09	0·35	—	1·64
Pökling	69·49	21·12	8·51	—	1·24

Vegetabilische Nahrungsmittel.

	Wasser	Eiweiss (6·25 × N)	Fett	Zucker	Sonstige N-freie Extractivstoffe	Holzfaser	Asche
	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent
Weizen	13·56	12·42	1·70	1·44	66·45	2·66	1·77
Roggen	15·26	11·43	1·71	0·96	66·86	2·01	1·77
Weizenmehl, feinstes	14·86	8·91	1·11	2·32	71·86	0·33	0·61
Roggenmehl	14·24	10·97	1·95	3·88	65·86	1·62	1·48
Gerstemehl (Gries)	15·06	11·75	1·71	3·10	67·80	0·11	0·47
Weizenbrot, feines	38·15	6·82	0·77	2·37	40·97	0·38	1·18
Roggenbrot, frisch	44·02	6·02	0·48	2·54	45·33	0·30	1·31
Pumpernickel, westf.	43·42	7·69	1·51	3·25	41·87	0·94	1·42
Nudeln	13·07	9·02	0·28	—	76·79	—	0·84
Reis (enthülst)	13·23	7·81	0·69	—	76·40	0·78	1·09
Bohnen	13·60	23·12	2·28	—	53·63	3·84	3·53
Erbsen	14·31	24·81	1·85	—	54·78	3·85	2·47
Steinpilze	12·81	36·12	1·72	—	37·26	6·71	6·38
Kartoffeln	75·77	1·79	0·16	—	20·56	0·75	0·97
Möhren	87·05	1·04	0·21	6·74	2·66	1·40	0·90
Rothkraut	90·06	1·83	0·19	1·74	4·12	1·29	0·77
Gurke	95·60	1·02	0·09	0·95	1·33	0·62	0·39
Aepfel	83·58	0·39	—	7·73	6·01	1·98	0·31
Weintrauben	78·17	0·59	—	14·36	2·75	3·60	0·53
Wallnuss	4·68	16·37	62·68	—	7·89	6·17	2·03

gar nicht in Betracht. — Eine Fettzufuhr wird nur durch fettes Fleisch, Milch, Butter und fetten Käse gewährt. Die für die tägliche Kost in Betracht kommenden Vegetabilien enthalten Fett in kaum nennenswerther Menge. — Kohlehydrate dagegen sind ausschliesslich in Vegetabilien enthalten; nur die Milch ist ausgenommen, welche indess für eine reichlichere Zufuhr bei Erwachsenen ausser Betracht bleibt.

Daraus ist nun ohne Weiteres zu entnehmen, dass wir in Folge unseres bedeutenden Bedarfs an Kohlehydraten auf eine gewisse grosse Menge von Vegetabilien durchaus angewiesen sind. Während wir mit den Vegetabilien den Bedarf an Kohlehydraten decken, bekommen wir einen kleinen Theil Fett und eine nicht unbeträchtliche Menge Eiweiss gleichzeitig zugeführt, und es wird darauf ankommen, die Menge auch dieser anderen Nährstoffe genauer zu bestimmen, um darnach herauszurechnen, was noch für weitere Nahrungsmittel der täglichen Kost zuzufügen sind.

Rechnen wir für den körperliche Arbeit leistenden Mann einen Bedarf von 500 g Kohlehydrate, so sind diese z. B. enthalten in 650 g Reis oder 1100 g Brot oder 2500 g Kartoffeln oder 900 g Leguminosen. Für gewöhnlich wird der grösste Theil durch Brot gedeckt; bei Soldaten und Arbeitern hat man festgestellt, dass pro Kopf und Tag 500—700 g Brot zu rechnen sind, im Mittel 600 g. In diesen finden sich 230 g Kohlehydrate; es bleiben dann also noch 170 g Kohlehydrate anderweitig zu decken und diese sind enthalten in circa 200 g Reis oder 800 g Kartoffeln oder 270 g Leguminosen.

Wie viel Eiweiss haben wir nun durch die Einführung dieser Vegetabilien gewonnen? In 600 g Brot sind 36 g Eiweiss enthalten, in 200 g Reis 15 g, in 800 g Kartoffeln 14 g, in 270 g Leguminose 65 g Eiweiss. Von diesem Eiweiss dürfen wir aber nur einen Theil als ausnutzbar rechnen; im Brot erhalten wir 28 g verdauliches Eiweiss, im Reis 10 g, in den Kartoffeln 9 g, in den Leguminosen 45 g, in Summa der Tagesration also 38 oder 37 oder 73 g verdauliches Eiweiss.

Bei Zugabe von Leguminosen ist die Eiweisszufuhr demnach weit beträchtlicher; es ist indessen nicht möglich, pro Tag eine Menge von 270 g Leguminosen zu verzehren. Diese sind nämlich, wie bereits oben erörtert wurde, stets nur in sehr wasserreicher Form aufzunehmen und bieten ein ausserordentlich grosses Nahrungsvolumen dar. 270 g Leguminose liefern in Form von dickstem Brei etwa 900 g, in Form von Suppe etwa 2500 g fertiger Speise! Es kann daher stets nur ein kleiner Theil des Kohlehydratbedarfs mit Leguminose gedeckt werden,

während für den Rest stickstoffärmere Nahrungsmittel, Kartoffeln u. dergl. an die Stelle zu setzen sind.

Sonach gewinnt man durch die Vegetabilien im Mittel nur etwa 45 g verdauliches Eiweiss. Es fehlen dann noch zu einer vollständigen Deckung des Eiweissbedarfs 60 g verdauliches Eiweiss.

Wollte man nun diese 60g verdauliches Eiweiss auch noch durch vegetabilische Nahrung decken, so würde man offenbar einen grossen Fehler begehen. Wir würden dann unvermeidlich noch mehr Kohlehydrate bekommen und den gesammten Kraftwechsel in lästiger Weise steigern; ausserdem würde die Ausnutzung der gesammten Nahrung verschlechtert, und das ganze Volumen der Nahrung würde, weil alle Vegetabilien bei der Zubereitung viel Wasser aufnehmen, entschieden zu gross werden. Versucht man es trotzdem mit ausschliesslich vegetabilischer Kost auszukommen, so wird meistens nicht vollständig genügend Eiweiss in den Körper aufgenommen, dagegen ein entschiedener Ueberschuss von Kohlehydraten, und es entsteht bei dieser Art der Ernährung leicht ein eiweissarmer, dagegen fettreicher Körper.

Einzig rationell ist es vielmehr, jene 60g verdauliches Eiweiss durch animalische Kost zu decken. Dieselben sind z. B. enthalten in ca. 300g Fleisch, 1500 ccm Milch, 500g (= 10 Stück) Eiern, 250g Käse. Selbstverständlich sind auch hier verschiedene Nahrungsmittel zu combiniren, also z. B. 200 g Fleisch + $^1/_2$ Liter Milch oder 200 g Fleisch = 3 Eier u. s. w.

Nicht selten fehlt es der Nahrung noch an Fett. Nur wenn Milch, Käse, fettes Fleisch zur Deckung des Eiweissbedarfes verwendet wird, ist Fett meist genügend vorhanden; andernfalls muss dasselbe noch extra in Form von Butter, Speck u. s. w. zugefügt werden, und auf diese Ergänzung ist bei körperlich arbeitenden Menschen besonderer Werth zu legen.

Mit der vorstehenden Rechnung haben wir auch eine präcise Antwort auf die Frage erhalten, in welchem Verhältniss Pflanzen- und Thierkost genossen werden soll und ob wir etwa ausschliesslich auf Pflanzenkost angewiesen sind. Das Fehlen eines ausgedehnteren Blinddarms, die verhältnissmässig geringe Länge unseres Darms, die vergleichsweise kurze Aufenthaltszeit der Nahrung im Darm stellen uns entschieden den Fleischfressern näher. Indessen ist auf diese Vergleiche wenig Werth zu legen; maassgebend ist allein die Thatsache, dass die meisten Menschen mit ausschliesslicher Pflanzenkost nicht existiren können, ohne Einbusse an Körpereiweiss und an Energie zu erfahren. Manche Menschen können wohl die vegetabilische Nahrung so vortrefflich ausnutzen, dass sie sich mit solcher Kost im Gleichgewicht halten; sehr leicht

tritt aber auch in solchen Fällen, sobald die übergrosse Nahrungsaufnahme aus irgend welchen Gründen beschränkt werden muss, eine gewisse Eiweissverarmung des Körpers ein. Die Vegetarianer weisen vielfach hin auf fremde Völker, welche rein vegetabilische Kost geniessen und dabei hoher Kraftentwickelung fähig sein sollen; es ist indess durch zahlreiche gute Beobachtungen constatirt, dass auch die Japaner, Chinesen, Inder u. s. w. eine kleine, allerdings nicht in die Augen fallende und daher oft übersehene Menge von animalischem Eiweiss in Form von Käse, getrockneten Fischen u. dergl. geniessen. Auch bei uns ist ja die Menge der animalischen Nahrung im Vergleich zur vegetabilischen ausserordentlich gering; namentlich in gewissen Schichten der Bevölkerung, so bei der ganzen ländlichen Bevölkerung, besteht die ganz überwiegende Menge der Nahrung aus Vegetabilien, und die animalische Kost tritt scheinbar gänzlich zurück. Wie wichtig aber gerade die kleine Zuthat animalischer Kost für den Menschen ist, das sehen wir z. B. in denjenigen Distrikten, wo die Bevölkerung zu arm ist, um irgend welche animalische Kost zu geniessen, ferner an den Gefangenen, welche bis vor wenigen Jahren ausschliesslich als Vegetarianer genährt wurden. Erst in Folge der ausserordentlich schlechten Erfahrungen, die man mit diesem Kostregime der Gefangenen machte, ging man schliesslich zu einer geringen animalischen Zukost über, und seitdem ist der Ernährungszustand derselben entschieden gebessert.

Etwas Gutes liegt übrigens, wie in allen derartigen Agitationen, auch in der vegetarianischen Bewegung; sie hat uns vor der Ueberschätzung der animalischen Kost gewarnt, welche früher unter dem Einflusse der Liebig'schen Lehren vorherrschend geworden war.

Ein Moment, das sehr oft zu einem unzweckmässigen Ueberwiegen der vegetabilischen Nahrung verführt, ist der Preis der Nahrungsmittel. Kommt es auf diesen nicht an, so ist eine rationelle Composition der Kost verhältnissmässig leicht; wo aber mit dem Gelde gespart werden muss, da fällt gewöhnlich gerade das animalische Eiweiss und das Fett zu knapp aus, weil beides relativ theuer ist.

Gewöhnlich sucht man ein Urtheil über die Preiswürdigkeit der Nahrungsmittel in folgender Weise zu gewinnen (Demuth): Im Durchschnitt aus den verschiedensten Nahrungsmitteln bekommt man für 1 Mark 185 g Eiweiss, 107 g Fett, 495 g Kohlehydrate. Kauft man Fett allein, so stellt sich der Preis von 1 g auf durchschnittlich 0·12 Pfennig. Da 240 g Kohlehydrate 100 g Fett in der Leistung für den Körper zu vertreten im Stande sind, beziffert sich demnach der Werth von 1 g Kohlehydrate auf 0·05 Pfennig. In der obigen Durchschnittsberechnung hat man somit: 100 Pfennige $= 107 . 0{\cdot}12 + 495 . 0{\cdot}05 + 185 . x$; rechnet man das x aus, so erhält man den Werth von 1 g Eiweiss zu 0·33 Pfennig. Auf Grund dieser Zahlen lässt sich der „Nährgeldwerth" jedes Nahrungsmittels berechnen und bestimmen, in wie weit der Kaufpreis von dem wirklichen Werth der darin enthaltenen Nährstoffe abweicht. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht des Kaufpreises, der gelieferten Nährstoffe und Wärmemenge und des Nährgeldwerths verschiedener Nahrungsmittel:

Für eine Mark erhält man:

Nahrungsmittel	Gewichtsmenge	Resorbirbare Nährstoffe (Gramm)			Wärmeeinheiten (grosse)	Nährgeldwerth (Pfennige)
		Eiweiss	Fette	Kohlehydrate		
Rindfleisch	666 g	136	33	3	1027	48·7
Kalbfleisch	727 „	134	51	1	1197	50·3
Häringe	1000 „	184	161	16	2531	55·4
Milch	6250 „	203	217	307	4409	108·0
Magermilch	10000 „	296	70	475	4173	129·7
Magerkäse	1250 „	420	135	68	3783	158·1
Roggenbrot	4000 „	188	16	1890	8878	158·8
Kartoffeln	16666 „	221	23	3292	14874	240·3
Reis	1500 „	70	26	1167	5400	84·0
Erbsen	2500 „	457	41	1431	8640	227·2
Gelbe Rüben	50000 „	312	99	4320	20301	330·8

In den meisten Fällen sind indess vegetabilische und animalische Kost gar nicht direct in Bezug auf ihren Preis vergleichbar, weil sie ganz verschiedene Funktionen haben. Nur diejenigen Nahrungsmittel lassen sich mit einander in Vergleich setzen, mit welchen man den gleichen Zweck erreicht, also entweder nur diejenigen, mit welchen man die Kohlehydrate, oder aber diejenigen, mit welchen man die Eiweissstoffe einführt.

Handelt es sich um Deckung der Kohlehydrate, dann concurriren ausschliesslich Vegetabilien unter einander und die Preiswürdigkeit dieser geht aus folgender Tabelle hervor.

500 g Kohlehydrate sind enthalten in:	und diese Nahrung kostet[1]
650 g Reis	31 Pfennige
1100 „ Brot	26·5 „
3340 „ Kartoffeln = 2500 g geschält .	20 „
900 „ Erbsen	19 „
15000 „ Kohlrüben	75 „

Handelt es sich dagegen um Deckung jener 60 g Eiweiss und 60 g Fett, welche nach der Zufuhr der Vegetabilien noch übrig

[1] Breslauer Marktpreise.

bleiben, so kommen die Vegetabilien gar nicht in Betracht, weil sie für diesen Zweck nicht die richtigen Nährstoffe bieten. Zur Deckung jener 60 g müssen wir daher unter den animalischen Nahrungsmitteln billige herauszufinden suchen; und solche existiren in der That. Fleischpräparate, z. B. billige Würste, namentlich aber Fische (im frischen wie im geräucherten und gesalzenen Zustande), abgerahmte Milch und die verschiedenen Arten Käse liefern Eiweiss und eventuell auch Fett zu relativ billigem Preise (s. Tabelle).

60 g verdauliches Eiweiss sind enthalten in	Diese Nahrung kostet	Dieselbe enthält ausser Eiweiss	
380 g Fleisch (80 g Abfall) . . .	49 Pfennige		—
500 „ Ei	40 „	60 g Fett	
1500 „ Milch	22½ „	60 „ „	60 g Kohlehydrate
550 „ Blutwurst	44 „	60 „ „	—
500 „ Schellfisch (150 g Abfall) .	25 „		—
800 „ frischer Häring (200 g Abfall)	16 „	42 „ „	—
450 „ Salzhäring (130 g Abfall .	20 „	54 „ „	—
1500 „ abgerahmte Milch	10½ „	7 „ „	60 g Kohlehydrate
300 „ Magerkäse	10 „	16 „ „	—
1050 „ Reis	50 „	—	800 g Kohlehydrate
1300 „ Roggenbrot	28 „	—	580 „ „
1200 „ Weissbrot	40 „	—	490 „ „
6000 „ Kartoffeln	30 „	—	900 „ „
330 „ Erbsen	7 „	—	180 „ „

In Form von Vegetabilien ist das Eiweiss durchaus nicht etwa billiger zu beschaffen. Wie aus vorstehender Tabelle hervorgeht, kommen wir höchstens mit Leguminosen zu einer ebenso billigen oder billigeren Deckung des Eiweissbedarfs, die jedoch aus den oben angeführten Gründen praktisch gar nicht in Concurrenz treten können.

Demnach lässt sich die Nahrung eines Arbeiters z. B. in folgender Weise zusammensetzen:

	Verdaul. Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Preis
600 g Schwarzbrot	28 g	3 g	290 g	15·9 Pf.
1360 „ roh = 1000 g gesch. Kartoffeln	1·5 „	—	200 „	8 „
250 „ roh = 200 g rein Salzhäring	20 „	14 „	—	10 „
200 „ Wurst	22 „	24 „	—	16 „
75 „ Magerkäse	23·5 „	6 „	—	4 „
	105 g	47 g	490 g	53·9 Pf.

Für einen Menschen, der nicht körperlich, sondern geistig arbeitet, und kleinere Mengen von Kohlehydraten, mehr Fett und Eiweiss, und einer leicht verdaulichen Kost bedarf, stellt sich die Berechnung etwa folgendermaassen:

	Verdaul. Eiweiss	Fett	Kohle-hydrate	Preis
300 g Weissbrot	17·0 g	4 g	135 g	10 Pf.
530 „ roh = 400 g geschälte Kartoffeln	5·4 „	—	80 „	3 „
100 „ Reis zu Milchreis	5·8 „	—	76 „	5 „
500 ccm Milch zu Milchreis . . .	20·0 „	20 „	20 „	7·5 „
100 g (= 110 g roh) Ei	12·5 „	12 „	—	8 „
250 „ (= 317 g roh) Fleisch . . .	50·0 „	—	—	43 „
60 „ Butter	—	50 „	—	15 „
	110·7 g	86 g	311 g	90·5 Pf.

Die ausserdem erforderlichen Geschmacksmittel, Gewürze, Bratfett und sonstige Zubereitungskosten, sowie die ebenso unentbehrlichen Genussmittel sind auf mindestens 20—30 Pf. zu veranschlagen.

Die zu Grunde gelegten Bedarfszahlen gelten für einen kräftigen, stark arbeitenden Mann; im Mittel darf man den Eiweissbedarf um 20 g, die Kohlehydrate um 50 g niedriger rechnen. Unter Berücksichtigung dieser beiden Momente stellt sich der Minimal-Preis der täglichen Arbeiternahrung inclusive Genussmittel auf etwa 70 Pf. Für eine Familie, bestehend aus Mann, Frau und 2—3 Kindern, die insgesammt drei Erwachsenen gleich zu rechnen sind, ist also ein Aufwand für Nahrung erforderlich in der Höhe von 2 M. 10 Pf. Da die Nahrung in dem Budget einer Arbeiterfamilie sich auf circa 60 Procent der Ausgaben beziffert, so kann erst ein tägliches Einkommen (Sonn- und Feiertage nicht ausgenommen!) von etwa 3 M. 50 Pf. einer Arbeiterfamilie eine rationelle Ernährung ermöglichen.

Wo die Lage der Industrie und des Handwerks der Art ist, dass dieser Forderung der Hygiene nicht entsprochen werden kann, muss versucht werden, dem Arbeiter die nothwendigen Nahrungsmittel zu billigerem Preise zu verschaffen.

Dies kann einmal dadurch geschehen, dass dem Arbeiter die Nahrungsmittel nicht zu Markt- sondern zu Engrospreisen geboten werden, wie in den öffentlichen Anstalten, beim Militär u. s. w. Hier werden alle Nahrungsmittel so viel als möglich direct und in grossen Massen gekauft, das Vieh selbst geschlachtet u. s. w. Die Preisunterschiede sind schon in Bezug auf Vegetabilien und Brot erheblich, noch

bedeutender aber in Bezug auf Fleisch, das pro 1 kg im Engrospreise 80—90 Pf., ohne Abfall 1 M. kostet. Für die Ernährung eines Gefangenen brauchen daher nur 28—36 Pf., für die Ernährung eines Soldaten 30—35 Pf. pro Kopf und Tag verausgabt zu werden. — Auch die ärmere Bevölkerung kann die Nahrung zu derartig niedrigem Preise beziehen durch Vermittelung von Consumvereinen, ferner durch Benutzung von Volksküchen, welche ein ausreichendes Mittagessen für billigsten Preis gewähren.

Ausserdem kann für die Arbeiterernährung viel genützt werden durch Anleitung zu einer rationellen Auswahl der Nahrungsmittel. Aufklärungen über den Nährstoffgehalt der Nahrungsmittel und speciell über diejenigen, welche Eiweiss und Fett billig liefern, sind durch Koch- und Haushaltungsschulen und durch Flugblätter zu verbreiten. Selbstverständlich müssen die empfohlenen Nahrungsmittel Geschmacksreize haben, die dem Arbeiter gewohnt und angenehm sind; von der Anpreisung von Nahrungsmitteln, die fremde Geschmacksreize und ungewohntes Aussehen haben, ist nichts zu erwarten. Aber gerade auch unter den heimischen beliebten Nahrungsmitteln werden oft die billigen Eiweisslieferanten bei weitem nicht genügend geschätzt. — Besonders wichtig in dieser Beziehung sind die frischen, gesalzenen und geräucherten Fische, durch welche der Eiweissbedarf in ausserordentlich billiger Weise zu ergänzen ist. Eine ähnliche Rolle spielen die Molkereiproducte; Magerkäse, Quark und insbesondere abgerahmte Milch haben auf dem Lande fast keinen Werth, können aber bei der jetzigen Behandlungsweise der Milch sehr wohl in nahe gelegene Städte transportirt und dort der Bevölkerung zu ausserordentlich billigen Preisen verkauft werden.

Endlich sucht man in der Neuzeit Surrogate herzustellen, wie z. B. die Kunstbutter, welche billige Fette schmackhaft und im Haushalt verwendbar zu machen sucht.

Wenig bewährt hat sich bis jetzt ein Fleisch-Import von überseeischen Ländern, in welchen die Production des Fleisches wenig oder gar nichts kostet (s. u. „Fleisch"). Vor einigen Jahren erregte namentlich das „Carne pura" (s. ebenda) viel Aufsehen. Aber auch dieses Präparat war, ebenso wie die übrigen importirten Fleischarten entschieden zu theuer, als dass es für die Volksernährung ernstlich in Betracht kommen konnte. 60 g verdauliches Eiweiss waren beispielsweise enthalten in 86 g Carne pura und kosteten 26 Pf.; neben dem Eiweiss wurden in dieser Portion nur noch 4 g Fett geliefert. Das Präparat war demnach durchaus nicht billiger, wie manche einheimische Präparate, war aber selbstverständlich dem Geschmack ausserordentlich viel weniger angepasst, wie die letzteren. — Genau das gleiche gilt von den zahlreichen im Inland hergestellten eiweissreichen Präparaten, z. B. Tropon. Auch bei diesem erscheint das Eiweiss nur relativ billig, wenn man mit reinem fettfreien Rind-

fleisch vergleicht; nicht aber wenn man die für die Volksernährung wirklich in Betracht kommenden billigen heimischen Fleisch-, Fisch- und Milchpräparate als Maassstab nimmt. Und dabei fehlen dem Tropon völlig die angenehmen Geschmacksreize dieser Nahrungsmittel.

Die Frage, wie die Tageskost in zweckmässigster Weise auf Mahlzeiten vertheilt wird, lässt sich nicht mit einer allgemein gültigen Regel beantworten. Empfindliche Individuen von geringer Capacität des Magens und geringer Verdauungskraft bedürfen einer stärkeren Repartirung der Nahrung als robuste Menschen. Beim Gesunden variirt die Eintheilung nach der Beschäftigung und nach der Art der Kost. Bei körperlicher Arbeit und vorzugsweise vegetabilischer, voluminöser Kost sind häufigere (5) Mahlzeiten zweckmässig, in der Tagesmitte die stärkste, welche ungefähr die Hälfte der ganzen Ration umfasst. Bei geistiger Arbeit und eiweiss- und fettreicher Kost ist die englische Sitte, früh eine reichliche Fleischmahlzeit, im Laufe des Tages nur wenig leichte Speisen und die Hauptmahlzeit am späten Nachmittag resp. Abend einzunehmen, am empfehlenswerthesten.

Bei Arbeitern sind im Mittel 40—50 Procent der täglichen Eiweissration, 50—60 Procent des Fettes, 30 Procent der Kohlehydrate in der Mittagsmahlzeit gefunden; etwa 30 Procent vom Eiweiss, 30 Procent vom Fett und 30 Procent von den Kohlehydraten entfallen auf die Abendmahlzeit; der Rest der Kohlehydrate vertheilt sich in Form von Brot auf die verschiedenen kleinen Mahlzeiten.

Besonders wichtig ist die richtige Anwendung der in Vorstehendem entwickelten Ernährungsgrundsätze bei der Kost in öffentlichen Anstalten, in welchen der Einzelne nicht entsprechend seinem individuellen Bedürfniss und geleitet von einem im Allgemeinen zuverlässigen Instinkt seine Kost wählen darf, sondern wo er auf die von der Aufsichtsbehörde zugetheilte und von dieser als ausreichend erkannte Durchschnittskost angewiesen ist.

In der verantwortlichen Lage, in welcher sich hier die Aufsichtsbehörde befindet, ist genaueste Berücksichtigung der einzelnen Anforderungen an eine Normalkost, insbesondere an ausreichenden Nährwerth der Kost und an eine entsprechende Abwechselung der Geschmacksreize, durchaus nothwendig. Die Ausführung ist indess um so schwieriger, als der Preis der Kost gewöhnlich auf einer ausserordentlich

niedrigen Stufe gehalten werden muss und daher nur ein für kleinere Individuen und für mässige Arbeitsleistung geltender Kostsatz zu Grunde gelegt wird. Ein gewisser Ausgleich der sehr verschiedenen Ansprüche hat so viel als möglich durch eine individuell variirte Zukost zu erfolgen. In der Armee sind nur Wenige, welche nicht in der Lage sind, fühlbaren Defekten ihrer Kost etwas nachzuhelfen; und auch in den Gefangenenanstalten kann theils durch Verordnungen des Anstaltsarztes, theils durch eine aus dem Erlös der Arbeit beschaffte Zukost einem individuellen Mehrbedarf Rechnung getragen werden.

In Folgendem seien einige Kostsätze aus öffentlichen Anstalten als Beispiele angeführt:

1. Kost im Münchener Waisenhause.

Täglich im Durchschnitt 275 ccm Milch, 97 g Fleisch, 243 g Brot, 162 g Kartoffeln, 97 g Gemüse; und darin:

79 g Eiweiss, 37 g Fett, 247 g Kohlehydrate.

2. Deutsche Armee.

a) Kleine Friedensportion; bietet im Mittel 103 g Eiweiss, 21 g Fett, 501 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brod, 150 g Fleisch, 90 g Reis oder
120 g Graupen oder
230 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

b) Grosse Friedensportion; 107 g Eiweiss, 77 g Fett, 511 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot, 250 g Fleisch oder 150 g Speck, 25 g Salz, 15 g gebr. Kaffee,
125 g Reis oder
125 g Graupen oder
250 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

c) Kleine Kriegsportion; 135,3 g Eiweiss, 39 g Fett, 504 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot oder 375 g Fleisch oder 125 g Reis od. 25 g Salz, 25 g gebr. Kaffee.
500 g Zwieback, 200 g Rauchfleisch od. 125 g Graupen
200 g Fleischconserven. u. s. w.

d) Grosse Kriegsportion; 154 g Eiweiss, 47 g Fett, 504 g Kohlehydrate, bezw. 165 g Eiweiss, 48 g Fett, 555 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot, 500 g Fleisch oder 267 g Rauchfleisch, 170 g Reis, 323 g Hülsenfrüchte u. s. w.

e) Eiserner Bestand, d. h. die Ration, welche für jeden Soldaten in Kriegs- und Manöverzeiten stets mitzuführen ist, und die aus einer haltbaren, compendiösen, möglichst leichten und rasch zuzubereitenden Nahrung bestehen muss.

Der eiserne Bestand soll pro Tag 29 g Eiweiss, 180 g Fett und 270 g Kohlehydrate enthalten, z. B. in Form von: 150 g Gemüsekonserven (Erbswurst), 250 g Zwieback, 25 g Kaffee, 25 g Salz. Oder: 400 g Fleischzwieback, 200 g Fleischgemüseconserven, 25 g gebr. Kaffee und 25 g Salz.

3. Gefangenenkost.

Die tägliche Kost enthält:

in den preussischen Strafanstalten, alter Etat:	110 g Eiw.,	25 g Fett,	677 g K.
„ „ „ neuer „	100 g „	50 g „	553 g „
im Gefängniss Plötzensee	117 g „	32 g „	597 g „

und zwar in Form von 625—650 g Brot, 30—43 g Fleisch; im übrigen Kartoffeln, Leguminosen, abgerahmte Milch, Häring u. s. w.

4. Volksküchen.

Die Mittagsmahlzeit, die in Volksküchen gereicht wird, soll, entsprechend den S. 260 mitgetheilten Zahlen, im Mittel enthalten:

40—50 g Eiweiss, 30 g Fett, 160 g Kohlehydrate.

In den Berliner Volksküchen werden für den Preis von 25 Pf. beispielsweise verabreicht:

a) Gelbe Erbsen und Kartoffeln, 1000 g; Speck 50 g; darin:
55·5 g Eiweiss, 41 g Fett, 120 g Kohlehydrate.

b) Milchreis, 1000 g; Schmorfleisch 100 g; und darin:
38 g Eiweiss, 18 g Fett, 120 g Kohlehydrate.

c) Kohl und Kartoffeln, 1000 g; Schweinefleisch 100 g; und darin:
39 g Eiweiss, 68 g Fett, 163 g Kohlehydrate.

d) Grüne Bohnen, 1000 g; fettes Schweinefleisch oder Speck 60 g; und darin:
20 g Eiweiss, 53 g Fett, 133 g Kohlehydrate.

Das Minus an Fett und Eiweiss, das an einzelnen Tagen hervortritt, wird durch ein Plus dieser Nährstoffe an anderen Tagen ungefähr ausgeglichen. Im Mittel werden 35 g Eiweiss, 20 g Fett und 180 g Kohlehydrate, von letzteren also etwas zu viel, von ersterem etwas zu wenig geliefert.

Litteratur: C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, Leipzig 1881. — Forster, Ernährung und Nahrungsmittel, Handbuch der Hygiene von v. Pettenkofer und v. Ziemssen, Theil 1. — Massenernährung, ebendas., Theil 2, 1882. — Rubner, Lehrbuch der Hygiene, Leipzig und Wien 1900. — König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 5. Aufl. — Munk und Uffelmann, Die Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Wien und Leipzig, 2. Aufl. 1895. — Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, München 1877. — Meinert, Wie ernährt man sich gut und billig? Berlin 1882. — Meinert, Armee- und Volksernährung, Berlin 1880. — E. und E. Hitzig, die Kostordnung der psychiatrischen und Nervenklinik der Universität Halle, Jena 1897.

B. Die einzelnen Nahrungsmittel.

1. Die Kuhmilch.

Im Folgenden soll zunächst nur die Kuhmilch besprochen werden, wie sie als Marktwaare und als Nahrung für Erwachsene und ältere Kinder in Betracht kommt. In einem besonderen Abschnitt ist sodann die Milch als Kindernahrung zu behandeln.

Die Kuhmilch ist eine Emulsion von Fett in einer Lösung von Eiweiss, Zucker und Salzen. Normaler Weise zeigt sie gelblichweisse Farbe, ist schon in dünnen Schichten undurchsichtig, hat einen eigenthümlichen Geruch, leicht süsslichen Geschmack und amphotere Reaktion (gleichzeitig schwach alkalisch und schwach sauer). Im mikroskopischen Präparat erscheint sie erfüllt von zahlreichen Fetttröpfchen verschiedener Grösse. Die chemische Analyse ergiebt im Mittel folgende Zusammensetzung:[1] spec. Gewicht: 1029—33; Wassergehalt: 87,75 Procent, schwankend von 86,0—89,5 Procent; 3·5 Procent Eiweiss, darunter 2·9 Procent Kaseïn, 0·5 Procent Albumin; 3·5 Procent Fett; 4·6 Procent Zucker und 0·75 Procent Salze. Das Kaseïn befindet sich nicht eigentlich in gelöstem, sondern in nur gequollenem Zustande.

Wie bei allen thierischen Sekreten kommen auch bei der Milch bedeutende Schwankungen in der chemischen Beschaffenheit vor; diese sind abhängig einmal von der Rasse und Individualität, dann von der Zeitdauer der Laktation, von der Tageszeit u. s. w. Ganz bedeutende Differenzen resultiren ferner aus der Fütterung. Die Landwirthe unterscheiden namentlich zwischen der Fütterung mit frischem Gras und auf der Weide, und andererseits der sogenannten Trockenfütterung (Heu, Gerstenschrot, Roggenkleie, Runkelrüben). Bei ersterer wird die Milch wasserreicher und zeigt überhaupt bedeutende Schwankungen, Trockenfutter dagegen liefert die gehaltreichste und gleichmässigste Milch. Ferner ist auch die Zusammensetzung der Nahrung, der Gehalt derselben an Eiweiss u. s. w. von Einfluss. Manche aromatisch riechende und schmeckende Stoffe des Futters gehen leicht in die Milch über und können sie widerlich machen, so namentlich Schlempe und Rübenschnitzel. — Eine eigenthümlich starke Verschiedenheit ergiebt sich noch für die einzelnen Melkportionen; die erste Portion ist immer bedeutend — um das zwei- bis dreifache — fettärmer als die letzte, während Eiweiss und Zucker weniger Schwankungen zeigen.

---

[1] Die Zusammensetzung der Milch anderer Thiere s. in der Tabelle S. 252.

Trotz dieser Differenzen bietet die zum Markt gebrachte Milch im Ganzen doch eine gleichmässige Zusammensetzung dar, namentlich innerhalb der gleichen Jahreszeit. Es rührt dies wesentlich daher, dass die zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Kühen gewonnene Milch vor dem Transport gemischt wird. Es lassen sich daher sehr wohl Durchschnittsziffern aufstellen, so dass man berechtigt ist, jede Milch zunächst als verdächtig anzusehen, welche erheblich von diesem Mittel abweicht.

Die Ausnutzung der in der Milch gebotenen Nährstoffe ist eine relativ gute, wenn auch weniger gut als die des Fleisches. Das Eiweiss wird zu mindestens 90 Procent, das Fett zu etwa 95 Procent, die Salze zu 50 Procent, der Zucker vollständig resorbirt. Bei Kindern ist die Ausnutzung eine noch bessere (s. unten).

Demnach stellt die Milch ein vorzügliches Nahrungsmittel dar, das bei kleinen Kindern zur vollen Ernährung ausreicht, bei Kindern vom zweiten Jahre an und bei Erwachsenen eine rationelle Ernährung sehr wesentlich unterstützt. Zu ausschliesslicher Ernährung Erwachsener ist die Milch nicht geeignet, weil selbst in der schwer resorbirbaren Menge von 4 Litern kaum genügend Calorieen vorhanden sind.

Die Milch ist als Nahrungsmittel um so bedeutungsvoller, als sie für sehr billigen Preis das sonst so schwer zu beschaffende Eiweiss und Fett gewährt (vergl. die Tabelle S. 257).

Der billige Preis erklärt sich indess daraus, dass die Milch eine Reihe von Nachtheilen aufweist, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen. Einmal geht sie ausserordentlich rasch unter dem Einfluss von Mikroorganismen Zersetzungen ein, die sie zum Genuss ungeeignet machen; zweitens ist kein anderes Nahrungsmittel so leicht zu fälschen und im Nährwerth zu verschlechtern als gerade die Milch; drittens ist sie zur Verbreitung pathogener und infektiöser Bakterien und eventuell von Giftstoffen besonders disponirt. — Auf diese drei hygienisch wichtigen Nachtheile der Milch ist im Folgenden näher einzugehen.

a) Die Zersetzungen der Milch.

Die Veränderungen, welche die frisch gemolkene Milch allmählich durchmacht, bestehen 1) darin, dass bei ruhigem Stehen die Milchkügelchen an die Oberfläche steigen und dort die Rahmschicht bilden. Diese erscheint nach 24 Stunden als dicke, feste Decke, die sich abheben lässt. Man erhält dadurch im Gegensatz zur ursprünglichen „Vollmilch“ 2 Theile, den Rahm und die „abgerahmte Milch“

oder „Magermilch", welche letztere je nach der Vollständigkeit des Aufrahmens mehr oder minder fettfrei ist; werden Centrifugen zum Entrahmen benutzt, so verbleiben nur etwa 0·15 Procent Fett in der Magermilch.

2) Bei längerem Stehen der Milch beobachtet man sodann, dass auf der Oberfläche ein weisslicher, pilziger Ueberzug sich etablirt. Dieser besteht im Wesentlichen aus Oidium lactis (s. oben). Gleichzeitig entwickeln sich in der Flüssigkeit unter dem Rahm zahlreiche Bakterien, am schnellsten bei einer Temperatur von 25—30°. Am üppigsten pflegen sehr verbreitete Arten zu wuchern, die man schlechthin als Milchsäurebakterien bezeichnet (vergl. Cap. 1).

Durch diese Bakterien wird der Milchzucker vergohren, so dass freie Milchsäure (durch einige Arten ausserdem gasförmige Producte, wie CO_2) entsteht. Ist etwa 0·2 Procent Milchsäure gebildet, so tritt Gerinnung des Kaseïns ein, der untere Theil der Milch scheidet sich damit wieder in 2 Abschnitte, in den Käse und das Serum (Molke). Ersterer enthält gewöhnlich die Reste von Fett eingeschlossen, so dass das Serum nur noch Milchzucker, Salze und Albumin aufweist. — Sehr häufig kommt es übrigens vor, dass Bakterien die Oberhand gewinnen, welche keine saure Reaktion, aber trotzdem beim Erwärmen Kaseïngerinnung bewirken; letztere erfolgt dann durch ein labähnliches Ferment, das von zahlreichen Bakterienarten producirt wird.

3) Lässt man Milch 8—10 Tage stehen, so bekommt sie ein verändertes Ansehen; es entwickelt sich Gestank nach Buttersäure und es entsteht reichliches Gas (Wasserstoff); zuweilen wird gleichzeitig das Kaseïn peptonisirt. Alsdann sind Buttersäurebacillen in den Vordergrund getreten. Die meisten betheiligten Arten sind Anaëroben, sind nach Gram färbbar, bewirken Buttersäuregährung aus dem Milchzucker und liefern daneben oft reichlich Milchsäure. — Will man die reine Wirkung der Buttersäurebacillen ohne die Milchsäuregährung zur Anschauung bekommen, dann muss man die Milchsäurebakterien abtödten. Es gelingt dies meist durch $^1/_2$stündiges Erhitzen der Milch auf 100°. Die Sporen der Buttersäurebacillen bleiben bei dieser Behandlung am Leben; werden die Flaschen mit der erhitzten Milch dann fest verschlossen und bei einer Temperatur zwischen 30 und 35° gehalten, so ist binnen 20 Stunden die Milch in lebhafter Buttersäuregährung.

4) Hält man die durch Erhitzen von Milchsäurebakterien befreite Milch in offenen Gefässen bei 30—40°; oder kocht man die Milch vorher mindestens eine Stunde lang, so dass auch die Sporen der

Buttersäurebacillen abgetödtet sind, dann wird wieder eine andere Gruppe von Bakterien und eine andere Zerlegung bemerkbar. Die Milch verändert sich nunmehr äusserlich wenig, das Kasëin gerinnt nicht, sauere Reaktion fehlt oder ist geringfügig. Dass solche Milch überhaupt von Bakterien erfüllt und zersetzt ist, sieht man nur daran, dass sich unter der Rahmschicht langsam eine transparente Zone ausbildet, die allmählich breiter wird. Die Milch giebt dann deutliche Peptonreaktion; gleichzeitig ist der Geschmack bitter und kratzig geworden. — Diese langsame Zersetzung wird durch Bakterien aus der Gruppe der Heubacillen bewirkt. Die Sporen derselben sind gleichfalls sehr verbreitet; sie vertragen 1—6 stündige Erhitzung auf 100°. Unter den häufig vorkommenden Heubacillen der Milch wurden mehrere Arten gefunden, deren Reinkultur in Milch toxische Wirkungen ausübt (s. unten).

Alle die beschriebenen Phasen des Bakterienlebens lassen sich mit geringfügigen Abweichungen in jeder Milch beobachten; die betreffenden Bakterien sind offenbar überall verbreitet. Theils entstammen dieselben den Ausführungsgängen der Euter, in denen sich Massen von Bakterien zwischen den Melkzeiten zu entwickeln pflegen; theils gelangen sie durch Kuhexcremente in die Milch; fast jede Milch lässt nach dem Absitzen sogar makroskopisch eine Beimengung von Kuhexcrementen erkennen. Auch die zum Sammeln der Milch dienenden Eimer und Gefässe, die Hände des Melkenden, die in die Milch fallenden Fliegen, der Heustaub, der beim Verfüttern trockenen Heus oft in Massen die Luft erfüllt, sind Quellen der Milchbakterien.

Wird der Inhalt der Eutergänge zu Anfang jedes Melkens entfernt und nicht mit in den Eimer gebracht, wird der Euter sorgfältig gereinigt, der Schwanz der Kuh festgebunden, werden Hände und Gefässe völlig sauber gehalten und wird das Heu nur in angefeuchtetem Zustand in den Stall gebracht, um Heubacillen-haltigen Staub zu vermeiden, so kann eine nahezu sterile, ausserordentlich bakterienarme Milch gewonnen werden.

Zuweilen kommen Abweichungen von den normaler Weise in der Milch ablaufenden Zersetzungen vor, und zwar dadurch, dass weniger verbreitete Bakterienarten zufällig in grösserer Menge in die Milch gelangen und dort die Oberhand gewinnen, so z. B. die Bacillen der blauen Milch, welche ein Chromogen produciren, das bei Luftzutritt und saurer Reaktion dunkelblau wird. Sind diese Bacillen in einer Milchkammer erst einmal zur Entwickelung gelangt, so befallen sie dort immer wieder neue Vorräthe, bis sie durch gründliche Desinfektion des Raumes und der Gefässe vernichtet sind. — Zuweilen tritt rothe oder gelbe Milch auf durch Wucherung anderer Bakterienarten, zuweilen schleimige fadenziehende, in anderen Fällen bittere Milch. Alle

diese abnormen Bakterienansiedelungen haben nicht gerade directe hygienische Bedeutung, aber machen die Milch wegen der starken Veränderung ihres Aussehens oder Geschmacks unverkäuflich.

b) Die Fälschungen der Milch.

Die Fälschung besteht gewöhnlich im Entrahmen oder im Wasserzusatz oder in einer Combination von beiden Manipulationen. Solche theilweis entfettete und verdünnte Milch hat natürlich einen entsprechend geringeren Nährwerth. Ausserdem können durch den Wasserzusatz Infektionserreger in die Milch gelangen. — Andere Fälschungen, z. B. Zusatz von Stärke, Dextrin, Gyps, Gehirn u. s. w., sind nur Curiosa ohne grössere Bedeutung. Dagegen werden der Milch sehr häufig Conservirungsmittel zugefügt, welche bestimmt sind, die Milch länger haltbar zu machen. Der Händler wendet aber diese Mittel gewöhnlich dann an, wenn schon ein gewisser Bakterienreichthum der Milch vorhanden ist und die bald zu erwartende äusserlich sichtbare Veränderung der Milch, die Gerinnung, noch eine Zeit lang hinausgeschoben werden soll. Zu diesem Zweck wird am häufigsten Soda oder Natron bicarbonicum oder Borax benutzt. Alle diese Mittel hindern aber das Bakterienleben in der Milch in keiner Weise, dasselbe wird im Gegentheil eher begünstigt, und lediglich die Entwickelung freier Säure und damit die Gerinnung wird (übrigens auch nur für sehr kurze Zeit) verzögert. Diese Mittel sind also ganz besonders gefährlich, weil sie nur das äussere Kennzeichen einer schlechten Beschaffenheit der Milch verdecken, während sie dagegen Zahl und Arten der Bakterien nicht vermindern. Sehr häufig wird im Hochsommer die Milch in den Handlungen aufgekocht, ehe der Säuregrad bis zur Gerinnung der Milch gesteigert ist. Auch dadurch wird eine zu lange oder unzweckmässige Aufbewahrung und in Folge dessen eine intensive Zersetzung der Milch nur verschleiert, und das Bakterienleben oft derartig verschoben, dass gerade die bedenklicheren Zersetzungserreger bei fortgesetzt unzweckmässiger Aufbewahrung in den Vordergrund gelangen. — Borsäure zeigt so gut wie gar keine conservirende Wirkung. Besseren Effekt haben Salicylsäure und Wasserstoffsuperoxyd, die in einer Menge von 0·75 resp. 2·0 pro mille die Entwickelung der Bakterien kräftig hemmen, ohne den Geschmack der Milch zu sehr zu alteriren. Wasserstoffsuperoxyd tödtet sogar in der angegebenen Concentration die meisten saprophytischen und pathogenen Bakterien. Alle derartige Conservirungsmittel der Milch dürfen indess nicht geduldet werden, weil sie bei anhaltendem Genuss keineswegs als indifferent, insbesondere für den kindlichen Organismus, anzusehen sind.

c) Krankheitserreger und Gifte der Milch.

Die gewöhnlichen, bei Temperaturen unter 24° gewucherten Saprophyten der Milch scheinen selbst in grosser Menge unschädlich zu sein. Die in den Milchstuben geronnene Milch, ebenso Kephir und ähnliche Präparate, welche enorme Mengen von Milchsäurebakterien enthalten, werden im Allgemeinen ohne Nachtheil ertragen. — Auch den Buttersäurebacillen scheint keine erheblichere schädigende Wirkung zuzukommen; dieselben finden sich in jedem menschlichen Darm, fast in jedem Wasser u. s. w.

Nicht unbedenklich erscheinen dagegen einige Arten aus der Heubacillengruppe, welche heftige Giftwirkung veranlassen. Verfüttert man Milch, die eine Reincultur dieser Bacillen enthält, an junge Hunde oder Meerschweinchen, so erkranken dieselben schon nach wenigen Stunden an profusen Durchfällen und gehen nach 4—6 Tagen zu Grunde. Wird die inficirte Milch nach 1—2 Tagen durch sterile Milch ersetzt, so erholen sich die Thiere wieder. Sehr deutlich tritt die toxische Wirkung einer Cultur der Heubacillen in Milch bei intraperitonealer Injektion hervor; schon 1 ccm einer 12 Stunden alten Cultur tödtet die Thiere innerhalb eines Tages. — Das Toxin ist in der Leibessubstanz der lebenden Bacillen enthalten; Filtrate oder abgetödtete Culturen sind unwirksam. — Diese Bacillen sind gegenüber dem empfindlichen Organismus des Kindes jedenfalls nicht indifferent; sie sind möglicher Weise bei einem Theil der im Hochsommer vorkommenden akuten Darmkrankheiten der Säuglinge betheiligt, zumal sie sich gerade bei höherer Temperatur (über 24°) erst lebhafter vermehren, die Milch nicht sichtbar verändern und durch Kochen der Milch nicht getödtet werden.

Nicht selten werden ferner durch die Milch die Erreger menschlicher Infektionskrankheiten verbreitet. Kommt in einer Milchwirthschaft ein solcher Krankheitsfall vor, so vollzieht sich die Uebertragung der Infektionserreger auf die Milch theils dadurch, dass die mit dem Kranken, dessen Wäsche u. s. w. beschäftigten Personen, selbst wenn sie sich nach ihrer Meinung gründlich reinigen, Infektionserreger an den Händen behalten, und in die Milch bringen, wenn sie nachher mit dieser hantiren; theils durch das Wasser eines inficirten Brunnens gelegentlich der Spülung der Gefässe oder der Fälschung der Milch. Die auf diese Weise in die Milch gelangten pathogenen Bakterien finden dort einen guten Nährboden und können sich in sterilisirter Milch, meist ohne jede sichtbare Veränderung derselben, lebhaft vermehren. In der nicht sterilisirten, natürlichen Milch ist allerdings die

Vermehrung dieser Bakterien durch die Concurrenz mit den gewöhnlichen Milchsaprophyten einigermaassen erschwert, und namentlich die Säureproduktion der letzteren hemmt die Entwickelung der meisten pathogenen Arten. Jedoch werden dieselben mindestens längere Zeit conservirt. — In manchen Fällen werden die Uebertragungen vom Krankenpersonal direct oder durch Vermittelung der Gefässe u. s. w. ausgehen.

Zahlreiche Erfahrungen zeigen, dass in der That Infektionen durch Milch häufig stattgefunden haben. In einer Anzahl von Typhus-, Cholera-, Diphtherie- und Scharlachepidemieen konnte die Milch mit Bestimmtheit als Vehikel der Keime angeschuldigt werden, weil der Versorgungsbezirk einer bestimmten Milch sich genau mit der Ausbreitung der Krankheit deckte.

Weiter ist die Milch noch dadurch bedeutungsvoll, dass sie vom erkrankten Thier aus Infektionserreger auf den Menschen übertragen kann. In erster Linie ist hier die Tuberkulose zu nennen, die Perlsucht des Rindviehs. Man darf annehmen, dass in städtischen Milchwirthschaften mehr als 10 Procent der Kühe tuberkulös sind; sie häufen sich dort, weil tuberkulöse Kühe nicht concipiren und nicht fett werden, und deshalb aus den auf Thierzucht oder Mast eingerichteten ländlichen Wirthschaften möglichst ausrangirt werden. Etwa die Hälfte der tuberkulösen Kühe liefert, auch wenn keine Erkrankung des Euters bemerkbar wird, eine Tuberkelbacillen-haltige Milch. — Betreffs den neuerdings aufgetauchten Zweifel an der Identität der menschlichen Tuberkulose und der Perlsucht s. Cap. 1.

Ferner wird in seltenen Fällen die Maul- und Klauenseuche der Rinder auf den Menschen übertragen. Einzelne Kinder erkranken nach dem Genuss frischer Milch von solchen Kühen unter Fieber, Verdauungsstörungen und bekommen einen Bläschenausschlag auf Lippen und Zunge, zuweilen an den Händen. — Ob Milzbrand und Wuth durch Milch übertragen werden können, ist zweifelhaft. — Wiederholt sind von Kühen, die an Mastitis erkrankt waren, Streptokokken durch die Milch übertragen, die Darmkatarrhe veranlasst haben. Auch die Erreger von Enteritis der Kühe sind zweifellos durch Infektion der Milch mittelst Kuhkoththeilchen auf Menschen übertragen.

Von Giften kommen anscheinend hauptsächlich Colchicin, vielleicht auch die Gifte von Hahnenfuss, Dotterblumen u. s. w. in Betracht, die mit dem Futter aufgenommen werden und Darmaffektionen bei Kindern veranlassen können. Auch das Solanin verdorbener Kartoffeln, ferner gewisse Medikamente gehören vielleicht hierher.

Die prophylaktischen Maassregeln gegen die aus dem Milchgenuss erwachsenden Gefahren bestehen 1) in der Controlle der Marktmilch, 2) in der Ueberwachung der Milchwirthschaften, 3) im Präpariren der Milch im grossen Maassstabe vor dem Verkauf derselben, 4) im Präpariren der Milch durch den Einzelnen nach dem Kauf.

1. Die Untersuchung und Controlle der Milch.

Eine normale Milch soll keinerlei Fälschung oder Zusatz erfahren haben, frisch und unzersetzt sein und keine Krankheitserreger enthalten. Die Controlle kann zunächst Fälschungen dadurch erkennen oder ausschliessen, dass sie a) das specifische Gewicht ermittelt (dasselbe schwankt bei normaler Milch zwischen 1029 und 1033; der Trockenrückstand beträgt mindestens 10·5 Procent); b) durch die Fettbestimmung; normale Milch enthält mindestens 2·7 Procent Fett; c) durch Auffindung von Nitraten, die in normaler Milch fehlen und deren Anwesenheit auf einen Zusatz von Brunnenwasser deutet; d) durch den Nachweis conservirender Zusätze.

Zweitens ist es Aufgabe der Controlle, nachzuweisen, dass die Milch unzersetzt und vom völligen Verderben noch hinreichend weit entfernt ist.

Drittens ist auf pathogene Bakterienarten und auf Gifte zu untersuchen.

a) Die Bestimmung des specifischen Gewichts: Zwei Componenten wirken auf eine Abweichung des specifischen Gewichts der Milch von dem des Wassers. Eiweiss, Zucker, Salze machen die Milch schwerer, das Fett dagegen leichter; das Gesammtresultat ist, dass sie immer schwerer ist als Wasser, aber um so weniger, je mehr Fett oder je mehr Wasser vorhanden ist. Hohes specifisches Gewicht kann durch Reichthum an festen Bestandtheilen und Wasserarmuth, ebensowohl aber auch durch Fettmangel bedingt sein; niedriges specifisches Gewicht durch abnorme Verdünnung mit Wasser oder durch Fettreichthum. Abrahmen und nachfolgender Wasserzusatz lässt daher das ursprüngliche specifische Gewicht der Milch eventuell wieder hervortreten. Weiss der Fälscher, dass das specifische Gewicht controllirt wird, so kann er in der That in der Weise verfahren, dass er durch Abrahmen und Wasserzusatz eine stark gefälschte Milch von normalem specifischen Gewicht liefert. Indess gehört zu dieser Manipulation Zeit und Sorgfalt, und für gewöhnlich weicht jede gefälschte Milch, entrahmte oder gewässerte, von dem durchschnittlichen specifischen Gewicht ab. In vielen Fällen wird man daher durch die Bestimmung des

specifischen Gewichts allein die Fälschung entdecken, wenn es auch immerhin sicherer ist, daneben die Fettbestimmung auszuführen.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichts benutzt man Aräometer (sogenannte Milchwaagen, Laktodensimeter). An dem gebräuchlichsten Instrument von Quevenne-Müller finden sich an der Spindel zur Bezeichnung des specifischen Gewichts nur zweistellige Zahlen, vor welchen die Zahlen 1·0 fortgelassen sind, also statt 1·029 nur die Zahl 29. Beim Ablesen ist das Auge in gleiches Niveau mit dem Skalentheil zu stellen; ferner ist vor der Prüfung die Milch gut durchzumischen und mit Hülfe von Tabellen eine Temperatur-Correction anzubringen, resp. die Milch auf 15° zu erwärmen oder abzukühlen. — Die Grade des Müller'schen Laktodensimeters sind sehr eng und die Ablesung deshalb ungenau. Sollen die Grade grösser ausfallen, so muss die Spindel dünner und leichter werden. Nach diesem Princip sind die neueren Instrumente von Soxhlet und Apel construirt; ferner giebt das Recknagel'sche Aräometer aus Hartgummi gute Resultate.

b) Die Fettbestimmung geschieht entweder:

Mit dem Cremometer. Man lässt die Milch 24 Stunden bei mittlerer Temperatur, 36—48 Stunden bei niederer Temperatur, stehen und liest dann die Höhe der Rahmschicht an einer Skalentheilung ab. Gute Milch liefert 10—14 Procent Rahmschicht; 3·2 Skalentheile enstprechen ungefähr 1 Procent Fett. Die Resultate sind oft fehlerhaft.

Oder mit optischen Methoden. Je fettreicher die Milch, um so undurchsichtiger wird sie. Darauf sind eine Reihe von Instrumenten gegründet, von denen das beste das Feser'sche Laktoskop ist. In dasselbe werden 4 ccm Milch eingeblasen und dann wird allmählich Brunnenwasser zugefügt, bis schwarze Linien auf einem am Boden des Gefässes befindlichen Milchglaszapfen eben sichtbar werden. An einer Skalentheilung liest man direct die Fettprocente ab. — Alle optischen Methoden sind dadurch unzuverlässig, dass viel auf die Beleuchtung und das Auge des Beschauers ankommt, namentlich aber dadurch, dass die Durchsichtigkeit von der Zahl und Grösse der Milchkügelchen abhängt; Milch von gleichem procentischen Fettgehalt kann je nach der Grösse der einzelnen Fetttröpfchen sehr verschieden durchsichtig sein. Ausser dem Fett kommt aber auch noch das Kaseïn für die Durchsichtigkeit in Betracht.

Oder durch das Marchand-Tollens'sche Laktobutyrometer. Die Milch wird mit Aether geschüttelt, dieser löst das Fett und zwar am leichtesten, wenn ein Paar Tropfen Natronlauge hinzugefügt werden. Dann wird Alkohol zugemischt und man erhält nun eine Aetherfettlösung, welche oben auf dem Gemisch schwimmt. Die Höhe derselben liest man ab und entnimmt dann aus einer Tabelle, welche dem Apparat beigegeben wird, den Fettgehalt der Milch. — Bei Magermilch giebt die Methode ungenaue, bei voller Milch dagegen brauchbare Resultate.

Eine genauere Bestimmung des Fettes ist möglich mit Hülfe des Soxhlet-schen Verfahrens, bei welchem man das specifische Gewicht des Aetherextractes der Milch zu bestimmen sucht. 200 ccm Milch werden mit 10 ccm Kalilauge und 60 ccm Aether kräftig geschüttelt. Nach einer Viertelstunde wird die oben angesammelte Aetherfettlösung in ein Glasrohr gebracht, das aussen von einem Kühlrohr umgeben ist und mit Hülfe dessen stets die genau gleiche Temperatur von $17\frac{1}{2}°$ hergestellt wird. In der Aetherfettlösung lässt

man dann ein Aräometer schwimmen und bestimmt deren specifisches Gewicht. Mittels einer Tabelle findet man aus dieser Ablesung den Fettgehalt.

Ferner gelingt die Fettbestimmung schnell und sicher mittels des Gerber'schen Butyrometers. In besonders construirten, an einer Stelle zu einer graduirten Röhre verjüngten Glasgefässen wird die Milch (11 ccm) mit concentrirter Schwefelsäure und etwas Amylalkohol versetzt; es entsteht eine Lösung aller Stoffe, aus welcher sich durch Centrifugiren auf einer kleinen Handcentrifuge (Laktokrit) die Fettlösung so abscheidet, dass ihr Volum an der Theilung des graduirten Rohrs abgelesen werden kann.

c) Nachweis von Nitraten und Zusatz von Brunnenwasser.

Die Milch wird durch Zusatz von Essigsäure oder Chlorcalciumlösung (pro 100 ccm Milch 1·5 ccm einer 20 procentigen Lösung) und Kochen coagulirt, und das Filtrat tropfenweise einer Lösung von Diphenylamin in concentrirter Schwefelsäure zugefügt.

d) Conservirungsmittel.

Die alkalisch reagirenden (Soda, Natr. bic., Borax) erkennt man am einfachsten daran, dass sie die Milch nach 1—2stündigen Kochen dunkelgelb bis braun färben. — Ferner deutet Rosafärbung nach Zusatz von Alkohol und einigen Tropfen Rosolsäure auf alkalische Beimengungen. — Salicylsäure ist durch die Violettfärbung, die einige Tropfen Eisenchlorid in der Milch hervorrufen, Wasserstoffsuperoxyd durch die Bläuung von Jodkaliumstärkepapier leicht zu erkennen. — Um gekochte Milch nachzuweisen, übersättigt man die Milch mit Kochsalz, erwärmt auf 30—40°, filtrirt und prüft im Filtrat, ob noch durch Kochen gerinnendes Albumin vorliegt.

Um die Zersetzung der Milch zu erkennen, kann man 1) gleiche Volumina Milch und 70procentigen Alkohol mischen; zersetzte Milch gerinnt. — 2) Zur genaueren Feststellung des Grades der Zersetzung ist die von Soxhlet angegebene Titrirung des Säuregrades zu verwenden. 50 ccm Milch werden mit Phenolphtaleïn versetzt, und dann mit $^1/_4$ Normalnatronlauge titrirt bis zur Rothfärbung. Für Verkaufsmilch, welche keine zu lange „Inkubationszeit" hinter sich hat bezw. nicht zu warm aufbewahrt war, findet man etwa 3·5 cm Verbrauch von Natronlauge. Die Anzahl ccm $^1/_4$ Normalnatronlauge, welche zur Neutralisation von 100 ccm Milch erforderlich sind, bezeichnet man als „Säuregrade"; zulässig sind also noch 7 Säuregrade. — 3) Nicht selten tritt bei einer bakterienreichen Milch die saure Reaktion zurück, zumal wenn die Milch, wie es im Hochsommer häufig geschieht, aufgekocht und dann bei hoher Temperatur aufbewahrt war. Die unter diesen Umständen entwickelten Bacillen (darunter die Heubacillen) produciren wenig Säure, statt dessen aber Labferment, und dieses bringt die Milch beim Erwärmen zum Gerinnen. Sicherer ist daher die Feststellung der Bakterienzahl, die durch Gelatineplatten mit $^1/_{100}$, $^1/_{10}$ und 1 Tropfen Milch und Zählung der Colonieen leicht gelingt. Reinlich behandelte ganz frische Milch enthält im Mittel höchstens 2000 bis

3000 Keime in 1 ccm; deutliche Zunahme ist erst nach 4—5 stündigem Aufenthalt der Milch bei 20—25° zu bemerken. Ein Gehalt von mehr als 100 000 Keimen in 1 ccm deutet auf längere unzweckmässige Aufbewahrung der Milch oder starke Bakterieneinsaat und zeigt an, dass die Milch nur kurze Zeit von dem Stadium der vollständigen Zersetzung und Gerinnung entfernt war.

Eine Prüfung auf pathogene Arten von Bakterien durch Cultur wird in den meisten Fällen vergeblich sein. Perlsuchterreger sind durch Ueberimpfung eines Gemenges aus Rahm und Bodensatz der Milch auf Meerschweinchen nachzuweisen. — Für die Auffindung von Futtergiften bestehen gleichfalls keine praktisch verwendbaren einfachen Methoden.

Zu einer Controle auf dem Markte und in den Verkaufsläden wird nur die Aräometerprobe und höchstens noch das Feser'sche Laktoskop benutzt. Ist das specifische Gewicht abnorm, so wird der weitere Verkauf der Milch einstweilen inhibirt und eine Probe im Laboratorium mittels des Gerber'schen Butyrometers oder der Soxhlet'schen Methode auf den Fettgehalt geprüft. Wird hierdurch eine zu niedrige Fettmenge oder im Verein mit der Aräometerprobe ein zu hoher Wassergehalt erwiesen, so ist die betreffende Milch unter allen Umständen als minderwerthig zu confisciren, nebenbei die Herkunft, Anzahl der Kühe u. s. w. sorgfältig zu notiren. Es fragt sich dann aber noch, ob eine Fälschung vorliegt, die nach dem Nahrungsmittelgesetz streng bestraft wird, oder ob etwa die abnorme Beschaffenheit der Milch durch die Art der Fütterung bedingt ist.

Zu diesem Zweck wird eine weitere Probe der Milch der genaueren Analyse (z. B. auf Nitrate) unterworfen. Ergiebt sich daraus mit Sicherheit die Fälschung, so wird die Bestrafung erkannt oder Anklage erhoben. Ist auch nach der genauen Analyse die Einrede möglich, dass mangelhafte Fütterung die Ursache der Abweichung sei, so ist eventuell die „Stallprobe" vorzunehmen. Dieselbe soll mindestens innerhalb dreier Tage nach der Confiscation, ohne dass inzwischen die Fütterung der Thiere geändert ist, ausgeführt werden und zwar in der Weise, dass alle betheiligten Kühe gut ausgemolken, die Milch gemischt und dann untersucht wird. Dieselbe darf höchstens um 2 Grad im specifischen Gewicht, um 0·3 Procent Fett von der beanstandeten Milch abweichen, widrigenfalls die Fälschung als erwiesen anzunehmen ist.

Bis jetzt berücksichtigt die marktpolizeiliche Controlle der Milch lediglich die etwaige Fälschung. Vom hygienischen Standpunkt aus ist diese aber nicht als so bedeutungsvoll anzusehen, wie eine zu fortgeschrittene Zersetzung der Milch. Diese lässt sich mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln sehr wohl controlliren, und es wäre zu wünschen, dass eine solche Controlle neben oder statt der bisherigen Untersuchung stattfände, und dass das wiederholte Vorkommen eines abnormen Säuregrades oder einer abnormen Bakterienzahl zur Bestrafung des Händlers führte. — Bezüglich der Gefahr

einer Infektion oder Intoxikation vermag die Controle nichts zu leisten, und wir sind in dieser Beziehung auf andere prophylaktische Maassregeln angewiesen.

2. Die Ueberwachung der Milchwirthschaften.

Eine Verschleppung von Perlsucht, Maul- und Klauenseuche kann dadurch theilweise gehindert werden, dass die Thiere der Milchwirthschaften in regelmässigen Zwischenräumen von einem Thierarzt, unter Zuhülfenahme von Tuberculininjektionen, untersucht und eventuell sofort ausrangirt werden. Neuerdings wird allerdings die Ansicht vertreten, dass es genügt, wenn nur die klinisch diagnosticirbaren Erkrankungen und namentlich diejenigen mit Eutertuberculose ausgemerzt werden; ist die Reaktion auf Tuberculin das einzige Symptom, so soll die Milch Uebertragungen auf andere Thiere nicht bewirken können.

Um ferner die Uebertragung von Typhus- und Cholerabacillen oder anderen Infektionskrankheiten zu verhüten, sind Krankheitsfälle dieser Kategorie in Milchwirthschaften mit besonderer Vorsicht zu behandeln, für Absperrung und Desinfektion ist zu sorgen, die Brunnenanlage zu revidiren und eventuell der Milchverkauf zeitweise zu verbieten.

Die Einsaat abnormer Saprophyten ist durch peinliche Reinlichkeit aller Räume und Gegenstände, die mit der Milch in Berührung kommen, zu vermeiden. Der Stall, die Euter der Kühe sind möglichst rein zu halten; die Gefässe, Milchkühler u. s. w. sollen durch Ausscheuern mit heisser Sodalösung stets völlig frei bleiben von Milchresten, ausserdem sind sie eventuell von Zeit zu Zeit nach erfolgter Reinigung mit Sodalösung auszukochen oder mit Wasserstoffsuperoxyd (1:200) zu desinficiren. Die Aufbewahrungsräume sollen kühl, luftig, leicht zu reinigen und geschützt gegen Fliegen sein. Jede Unsauberkeit ist zu bestrafen.

Eine derartige Ueberwachung der Milchwirthschaften und Verkaufslocale ist vom hygienischen Standpunkt entschieden bedeutungsvoll, aber bis jetzt kaum irgendwo in vollem Umfang durchgeführt.

3. Präparation der Milch vor dem Verkauf.

Theils die finanzielle Schädigung durch das leichte Verderben der Milch, theils die Gefahr der Uebertragung pathogener Mikroorganismen hat zu Versuchen geführt, vor dem Verkauf der Milch die hinein gelangten Bakterien zu tödten und dadurch die Milch haltbarer und frei von pathogenen Keimen zu machen.

Nachdem der Zusatz chemischer Substanzen sich als entschieden unzureichend erwiesen hatte, sind Kälte und Hitze als die am leichtesten anwendbaren desinficirenden Mittel in Gebrauch gezogen.

Durch sofortiges Abkühlen der frisch gemolkenen Milch, Aufbewahren in kühlen Räumen und Transport in Eispackung lässt sich die Bakterienentwickelung in der Milch und die Zersetzung derselben beträchtlich verzögern; insbesondere wenn gleichzeitig durch die oben aufgeführten Vorsichtsmaassregeln für geringe Bakterieneinsaat gesorgt wird. Diese Mittel sollten daher in jeder Milchwirthschaft so viel als möglich Verwendung finden.

Der Effekt ist jedoch immerhin unvollkommen, zumal die Abkühlung im Mittel der ganzen Zeit bis zum Verkauf höchstens bis auf 10° gelingt; eine gewisse Vermehrung der Bakterien findet auch bei niederer Temperatur noch statt; ausserdem bleiben die pathogenen Keime lebensfähig. Von Casse und Helm wird gleichwohl die Herstellung von Eismilch empfohlen; die Milch wird mittelst Kaltluftmaschine gekühlt und für den Transport mit 15—30 Procent gefrorener Milch versetzt. Für die Conservirung leistet dies Verfahren Gutes; hygienisch einwandfrei ist aber solche Milch erst, wenn vor dem Abkühlen die pathogenen Keime durch Hitze (Pasteurisiren) abgetödtet sind, oder wenn die Eismilch zunächst in Centralmolkereien kommt, wo nachträglich pasteurisirt werden kann.

Vollkommenere Resultate namentlich gegenüber den Krankheitserregern können durch Hitze erzielt werden. Hier kommen drei Methoden in Frage:

a) Das Pasteurisiren, d. h. kurzes Erhitzen auf 65—90° und nachfolgendes rasches Abkühlen, so dass der Rohgeschmack der Milch möglichst erhalten bleibt.

Das Pasteurisiren wurde früher gewöhnlich so ausgeführt, dass man die Milch langsam über die gewölbten inneren Wandungen eines Cylinders fliessen liess, der an seiner äusseren Fläche durch Wasserdampf oder Wasser erhitzt wird. Zufluss und Abfluss ist so geregelt, dass die in ganz dünner Schicht herablaufende Milch zuletzt auf die Temperatur von 70°, aber allerdings nur für sehr kurze Zeit, gebracht wird. Aus dem Ablauf kommt die Milch sofort in einen Kühler.

Bei solcher Behandlung der Milch geht von den Saprophyten nur ein Bruchtheil zu Grunde; Typhusbacillen, Tuberkelbacillen, Staphylokokken werden nicht sicher vernichtet. Die Unvollkommenheit der Wirkung beruht darauf, dass die Erhitzungsdauer zu kurz ist, und dass speciell die höchste Temperatur von 60—70° nur für einen Moment einwirkt.

Die angeführten Fehler der älteren Pasteurisirapparate werden vermieden durch die Apparate mit sogenannter gezwungener Führung, in welchen die Milch mehrere Minuten auf der Maximaltemperatur verbleibt. Am günstigsten ist

die Einwirkung von 85° zwei Minuten lang; dabei werden auch Tuberkelbacillen sicher abgetödtet und der Geschmack der Milch sehr wenig verändert.

b) Partielles Sterilisiren durch Erhitzen der in bakteriendicht verschlossene Flaschen eingefüllten Milch während 30—60 Minuten auf 100—103°.

Gewöhnlich benutzt man strömenden Dampf von 100—103° und die gebräuchlichen Desinfektionsöfen, z. B. THURSFIELD'scher Construction, denen leicht eine für die Aufnahme von Milchflaschen passende Einrichtung gegeben werden kann. Als Flaschen sind solche mit Patentverschluss (wie bei den Bierflaschen) zu $^1/_2$ oder $^1/_3$ Liter Inhalt besonders geeignet. Die Flaschen werden mit lose aufgelegtem Verschluss in den Ofen eingesetzt, dann wird erhitzt bis zur Maximaltemperatur; hat diese 5 Minuten eingewirkt, so öffnet man den Ofen, rollt den Einsatz mit Milchflaschen heraus und schliesst dieselben durch Andrücken des Verschlusses. Dann schliesst man den Ofen wieder und lässt die Temperatur von 100—103° noch $^1/_2$ Stunde bis 1 Stunde einwirken. — Von verschiedenen Fabrikanten sind Oefen construirt, in welchen der definitive Verschluss der Flaschen ohne Oeffnen des Ofens vorgenommen werden kann.

Die Wirkung dieses Sterilisirens ist die, dass die Infektionserreger und die Saprophyten mit Ausnahme der Sporen der Heubacillen abgetödtet werden. Letztere können bei warmer Aufbewahrung der Milch wuchern und Toxine liefern. Solche Milch ist daher kühl aufzubewahren, und hat begrenzte Haltbarkeit; sie darf nicht als „keimfreie Dauermilch" verkauft werden.

Bei längerer Aufbewahrung tritt ausserdem eine Veränderung des Rahms ein, der Art, dass derselbe beim Schütteln nicht mehr vollständig emulgirt wird, sondern zum Theil in grosse, nicht mehr zertheilbare Fetttropfen umgewandelt ist. Namentlich beim Schütteln der unvollständig gefüllten Flaschen auf dem Transport wird diese Zersetzung des Rahms begünstigt. Anhaltender Land- oder Seetransport pflegt vollständiges Ausbuttern der Milch zu veranlassen. — Für kleinere Kinder ist schon aus diesem Grunde die käufliche sterilisirte Milch nicht als gleichwerthig mit der im Hause gekochten anzusehen. Ferner ist aber nach dem anhaltenden Gebrauch sterilisirter Milch bei Kindern mehrfach die BARLOW'sche Krankheit beobachtet, eine Art von Scorbut, der vielleicht auf einen Mangel der lange erhitzten Milch an resorbirbaren Phosphaten (oder Eisen?) zurückzuführen ist.

c) Vollständige Sterilisation der Milch kann erzielt werden durch etwa 6stündiges Erhitzen auf 100°; dabei wird aber die Milch braun und im Geschmack völlig verändert. Besser geeignet ist die Anwendung gespannten Dampfs von ca. 120—125°. Die Sterilisation erfolgt dann innerhalb erheblich kürzerer Zeit, und Farbe, Geruch und Geschmack der Milch werden wenig verändert.

Die „Natura-Milch"-Gesellschaft in Waren in Mecklenburg stellt nach letzterem Verfahren eine in der That völlig sterile Milch her, bei welcher auch das Ausbuttern auf dem Transport vermieden wird, dadurch dass sie ohne jeden Schüttelraum zum Versandt gelangt.

d) Condensirte Milch. Die Milch ist im Vacuum eingetrocknet bis $^1/_3$ oder $^1/_5$ ihres Volumens, dann in zugelötheten Büchsen auf 100° erhitzt. — Damit das Präparat auch nach dem Oeffnen der Büchsen besser haltbar sei, wird meistens so viel Rohrzucker zugesetzt, dass keine Bakterien-Entwickelung stattfinden kann, für 1 Liter Milch ca. 80 g Zucker.

Die Indikationen für die Anwendung der genannten Conservirungsverfahren gehen ziemlich weit auseinander. In milchreichen Ländern ist es — ganz abgesehen von den oben bezeichneten Gefahren für kleinere Kinder — keinesfalls empfehlenswerth, die partiell oder völlig sterilisirte Milch in grösserem Umfang auf den Markt zu bringen, schon wegen der erheblichen Vertheuerung. Mit der Veränderung der Farbe und mit dem Verlust des Geschmacks und des Geruchs der rohen Milch sind ausserdem alle die Kriterien verschwunden, deren sich bisher das Publikum mit Recht bediente, um eine normale, gehaltreiche, in sauberen Stallungen gewonnene und reinlich behandelte Milch von abnormer und verschmutzter Milch zu unterscheiden.

In grösserer Ausdehnung empfiehlt sich für den Markt milchreicher Länder nur das Pasteurisirverfahren, das alle jene Kriterien für die Beurtheilung der Milch intakt erhält, dabei sicher vor Infektionskeimen schützt, einer übermässigen Entwickelung von Saprophyten vorbeugt, sofern nicht eine abnorm verschmutzte und bereits halb verdorbene Milch dem Pasteurisiren unterworfen wird, und dabei so billig ist, dass die Vertheuerung weniger als 1 Pf. pro Liter Milch beträgt. Zu einer Art von Pasteurisirzwang würde z. B. eine gesetzliche Vorschrift über die Grenze der Bakterienzahl in der Verkaufsmilch führen. Ist ein Gehalt von 100000 Bakterien pro 1 ccm normirt, so kann dieser durch penibelste Reinlichkeit und sorgfältigste Eiskühlung, oder aber einfacherer und sicherer durch Pasteurisieren erzielt werden. — Zu beachten ist, dass beim Pasteurisiren die Heubacillen nicht vernichtet werden, dass also kühle Aufbewahrung und für Säuglinge Aufkochen vor dem Gebrauch unbedingt erforderlich bleibt.

Für die Versorgung milcharmer Länder, ferner für Reisende, für die Schiffsversorgung u. s. w. ist die total sterilisirte Milch in Büchsen ohne Schüttelraum von grosser Bedeutung und weit mehr zu empfehlen wie die condensirte Milch. Die durch Verdünnen mit Wasser aus condensirter Milch hergestellte Milch steht einer gut sterilisirten Milch in Aussehen, Geruch und Geschmack erheblich nach, ist umständlich zu bereiten und zeigt in der Zusammensetzung fast stets gewisse Abweichungen von der frischen Milch.

4. Präparation der Milch nach dem Kauf.

Der Einzelne kann sich gegen die aus dem Gehalt der Milch an Bakterien hervorgehenden Gefahren leicht schützen durch Kochen der Milch. Erhitzt man dieselbe 10 Minuten lang auf 97—100°, so sind alle Milchsäurebakterien, die von kranken Menschen oder Thieren stammenden Parasiten, sowie die sporenfreie Buttersäure- und Heubacillen vernichtet. Nur die Sporen der letzteren bleiben am Leben, können indess durch Kühlhalten der Milch (unter 20° C.) an der Wucherung verhindert werden. Bekanntlich gehört aber eine gewisse Aufmerksamkeit zu einem anhaltenderen Erhitzen der Milch; es tritt dabei leicht Ueberkochen und Anbrennen ein, und daher ist es Sitte, Milch nur aufzukochen, d. h. dieselbe nur für kürzeste Zeit bis in die Nähe des Siedepunktes, gewöhnlich aber auf noch geringere Wärmegrade zu erhitzen. Dabei erfolgt keine Tödtung der pathogenen Keime.

Um ohne die Gefahr des Ueberkochens Milch mehrere Minuten lang zu erhitzen, bedient man sich daher zweckmässig der „Milchkocher" die im folgenden Abschnitte näher beschrieben sind.

2. Die Ernährung der Kinder mit Milch und Milchsurrogaten.

Der Nährstoffbedarf des Kindes.

Die Gewichtszunahme des wachsenden menschlichen Körpers erhellt aus folgender Tabelle:

Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht
	Gramm	Kilo		Gramm	Kilo		Gramm	Kilo
0	0	3·5	7 Monate	12	8·33	9 Jahre	5·0	24·1
1 Woche	0	3·4	8 „	10	8·63	10 „	5·5	26·1
2 Wochen	43	3·85	9 „	10	8·93	11 „	5·0	27·9
3 „	50	4·25	10 „	9	9·2	12 „	8·8	31·0
4 „	43	4·25	11 „	8	9·45	13 „	11·8	35·3
5 „	43	4·8	12 „	6	9·6	14 „	14·0	40·5
6 „	30	5·0	2 Jahre	6·7	12·0	15 „	16·2	46·4
7 „	30	5·2	3 „	4·6	13·6	16 „	19·2	53·4
8 „	30	5·4	4 „	4·6	15·1	17 „	11·0	57·4
3 Monate	28	6·35	5 „	4·4	16·7	18 „	10·7	61·3
4 „	22	7·05	6 „	3·5	18·0	19 „	5·5	63·3
5 „	18	7·55	7 „	6·0	20·2	20 „	4·7	65·0
6 „	14	7·97	8 „	6·0	22·3			

Demnach ist die Zunahme des Körpergewichts weitaus am bedeutendsten in den ersten 3—4 Lebensmonaten; von da ab beginnt

der Verlauf der Curve sich allmählich abzuflachen, bis zwischen dem 13. und 16. Jahre nochmals ein steileres Ansteigen erfolgt, so dass im 16. Jahre die tägliche Gewichtszunahme derjenigen des 4.—5. Lebensmonats gleichkommt.

Es würde jedoch irrig sein, wollte man wesentlich aus dieser Gewichtszunahme die Nothwendigkeit einer erheblich gesteigerten Nahrungszufuhr ableiten. Die beim Wachsthum angesetzte Körpersubstanz macht nur in den ersten Lebenswochen wohl einen bedeutenden, späterhin aber einen sehr geringen Bruchtheil der erforderlichen Nahrung aus. Auf feste Substanz berechnet setzt das 10 wöchentliche Kind täglich etwa 8 g Eiweiss und Fett an, die im 5. bis 10. Theil der täglich aufgenommenen Nahrung enthalten sind.

Der hauptsächlichste Grund für das relativ grosse Nahrungsbedürfniss des jugendlichen Körpers ist vielmehr darin zu suchen, dass in Folge der relativ grösseren Oberfläche die Wärmebildung auf die Körpergewichtseinheit berechnet bedeutend höher ist als beim Erwachsenen. Experimente im Respirationsapparat haben gezeigt, dass Kinder noch im Alter von 3—7 Jahren pro 1 Kilo Körpergewicht mehr als doppelt so viel Kohlensäure ausscheiden als Erwachsene. Ein 5 wöchentliches Kind von 4,5 Kilo Gewicht lieferte pro Tag 352 Calorieen, also pro Kilo 80 Calorieen, während beim Erwachsenen nur 40 Calorieen pro Kilo zu rechnen sind.

Aus dem Kostmaass gesunder, in der Säuglingszeit theils mit Frauenmilch, theils mit Kuhmilch genährter Kinder sind folgende Zahlen für den Nahrungsbedarf des Kindes gewonnen:

	Bedarf pro 1 Kilo Körpergewicht			Calorieen
	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	
	Gramm	Gramm	Gramm	
3. Tag	2·4	2·8	2·9	47·8
Ende der 1. Woche	3·7	4·3	4·4	73·2
„ „ 3. „	4·8	5·0	5·7	89·6
„ „ 8. „	4·5	5·2	5·4	88·6
„ des 5. Monats	4·5	4·8	5·6	86·2
„ „ 12. „	4·0	4·0	8·0	86·2
„ „ 18. „	4·0	3·5	9·0	85·8
„ „ 2. Jahres	4·0	3·0	10·0	85·3

Vollbefriedigendes Wachsthum findet nur statt, wenn der Energiequotient der Nahrung (d. h. die tägliche Calorieenzufuhr pro Kilo Körpergewicht) nicht unter 100 Cal. sinkt (Heubner).

Beachtenswerth ist, dass erfahrungsgemäss etwa vom 7. Monat ab die Zufuhr von Eiweiss und Fett ungefähr gleich bleiben darf, während die Menge der zerlegten Kohlehydrate wesentlich ansteigen muss; d. h. es hat von da ab das Milchquantum annähernd gleich zu bleiben, aber es sind Kohlehydrate in anderer Form zuzufügen.

Auch bei älteren Kindern ist die Ernährung genau zu überwachen, besonders in den Jahren der Pubertätsentwickelung. Die Gewichtszunahme ist immer noch bedeutend, der Umsatz relativ hoch, und die Nahrungszufuhr muss daher quantitativ und qualitativ sorgfältig angepasst sein. Nach Heubner und Camerer braucht ein Kilo Kind an Nahrung:

Alter	Eiweiss	Fett	Kohle-hydrate	Calorieen
2— 4 Jahre	3·6 g	3·1 g	9·2 g	75·3
5— 7 „	3·2 „	2·2 „	10·8 „	73
8—10 „	2·7 „	1·3 „	10·2 „	60
11—14 „	2·5 „	1·0 „	8·0 „	55

Bei Kindern, welche reichliche körperliche Bewegung im Freien haben, pflegt in dieser Zeit Appetit und Verdauungskraft derartig zu sein, dass sie auch ohne besondere Auswahl der Kost stets die ausreichenden Nährstoffe erhalten. Bei mehr ruhiger, sitzender Lebensweise in Zimmerluft (Schüler höherer Lehranstalten, Handwerkerlehrlinge u. s. w.) ist dagegen Fürsorge für einen ausreichenden Gehalt der Nahrung an Eiweiss, Fett und Salzen (Eisen) durchaus erforderlich, wenn nicht der Grund zu dauernden Ernährungsstörungen, Eiweissverarmung, Anämie und Hydrämie, sowie auch zu der Unfähigkeit der Mütter zum Selbststillen der Kinder gelegt werden soll.

Der Säugling bedarf nicht nur einer besonders reichlichen Nahrungszufuhr, sondern er ist auch in Bezug auf die Qualität der Nahrung weit empfindlicher als der Erwachsene. Das nöthige Nahrungsquantum muss daher dem Säugling ausschliesslich in Form einer leicht verdaulichen, in den ersten Monaten amylumfreien, reizlosen und keine Bakterien enthaltenden Kost geboten werden.

a) Die Ernährung des Kindes mit Frauenmilch.

Den vorstehenden Anforderungen entspricht naturgemäss am besten die Frauenmilch und zwar soll der Säugling, wenn irgend möglich, von der eigenen Mutter genährt werden; nur übertragbare Krank-

heiten, hochgradige Anämie und Verdacht auf Tuberkulose sollten von dem Versuch einer solchen naturgemässen Ernährung zurückhalten.

Die Frauenmilch ist gelblichweiss, von stark süssem Geschmack, zeigt alkalische Reaktion, ein specifisches Gewicht von 1028—34 und enthält nach HEUBNER und RUBNER folgende Bestandtheile:

> 88·6 Procent Wasser; 11·4 Procent Trockensubstanz; 0·16 Procent Eiweiss-Stickstoff = circa 1 Procent Eiweiss (etwa 12 Procent das Gesammt-N.'s ist auf Extraktivstoffe zu rechnen); 3·0 Procent Fett, 7·0 Procent Salze. — 100 g Milch liefern 58 nutzbare Calorieen.

Die Eiweissstoffe bestehen grösstentheils aus Albumin, daneben aus kleinen Mengen Kaseïn, Protalbumin und Pepton; durch Magensaft gerinnt das Eiweiss in weichen Flocken; das geronnene Kaseïn reagirt alkalisch, wird leicht gelöst und peptonisirt. — Das Fett besteht aus Triglyceriden der Oleïn-, Palmitin- und Stearinsäure. — An Aschenbestandtheilen enthält die Frauenmilch in 1 Liter:

> 0·7 g Kali, 0·25 Natron, 0·33 Kalk, 0·06 Magnesia, 0·004 Eisen, 0·47 Phosphorsäure, 0·43 Chlor.

Die Zusammensetzung schwankt ähnlich wie die der Kuhmilch je nach dem Alter und der Individualität, nach der Zeitdauer der Laktation, nach der Nahrung und dem Ernährungszustand, namentlich aber je nachdem die Probe zu Anfang des Saugens der noch vollen Brust oder aber gegen Ende der fast entleerten entnommen ist.

Die Ausnutzung der Frauenmilch durch den Säugling ist eine ausserordentlich vollkommene; von den gelieferten Calorieen sind 91·6 Procent verwerthbar. Auch die Salze werden zu 90 Procent ausgenutzt. Die Fäces enthalten vorzugsweise Fettsäuren, Kalk, geringe Spuren von Eiweiss und machen etwa 3 Procent der genossenen Nahrung aus.

Bezüglich der Menge der dem Säugling zu gewährenden Frauenmilch besteht die Vorschrift, dass am ersten Tage nach der Geburt 2—3, an den folgenden Tagen im Mittel 6—7 Mahlzeiten gereicht werden und zwar stets in den gleichen regelmässigen Abständen mit Pausen von mindestens $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ Stunden. Jede Mahlzeit dauert etwa 20 Minuten. Der Säugling verzehrt:

pro Mahlzeit:				pro 24 Stunden:	
am 1. Tag	10 g	am 6. Tag	50 g	in der 1. Woche	298 g
„ 2. „	20 „	„ 10. „	70 „	„ „ 2. „	363 „
„ 3. „	30 „	„ 20. „	100 „	„ „ 10. „	986 „
„ 4. „	40 „	„ 40. „	130 „	„ „ 12. „	940 „
„ 5. „	50 „	„ 100. „	150 „	„ „ 20. „	950 „.

Zeigen die mit Frauenmilch genährten Kinder keine normale Entwickelung, so kann — soweit die Nahrung in Betracht kommt — die Ursache zunächst in der Art der Darreichung, namentlich in zu kurzen Pausen und zu häufigen Mahlzeiten liegen. Ist dies ausgeschlossen, so muss in einer quantitativ unzureichenden Produktion der Milch oder in einer qualitativ abnormen Beschaffenheit derselben die Ursache gesucht werden. Die Quantität der von der Mutter resp. Amme gelieferten Milch lässt sich leicht dadurch feststellen, dass der Säugling an einem Tage vor und nach jedem Anlegen gewogen, dass dann die einzelnen so ermittelten Nahrungsmengen addirt und mit dem normalen 24 stündigen Nahrungsquantum verglichen werden. Ist die Quantität genügend gefunden, so ist an eine abnorme Beschaffenheit der Frauenmilch zu denken, z. B. an einen zu hohen Fettgehalt u. s. w.

Vom 7. Monat ab ist eine Zugabe, namentlich von Kohlehydraten und Salzen erforderlich; erstere können in Form von Zwieback, Gries u. s. w., letztere hauptsächlich in Form von Spinat, Carotten u. dgl. gereicht werden. Etwa vom 10. Monat ab ist die Frauenmilch durch Kuhmilch zu ersetzen.

b) Die Ernährung des Kindes mit Kuhmilch.

Ist Frauenmilch nicht zu beschaffen, so muss dem Säugling das der Frauenmilch immerhin ähnlichste Nahrungsmittel, die Thiermilch, gegeben werden. Die Milch von Stuten und Eselinnen scheint die weitgehendste Aehnlichkeit mit der Frauenmilch zu haben; doch liegen zu wenig Erfahrungen über ihre Bekömmlichkeit vor und ihre Beschaffung in ausgedehnterem Maassstabe stösst auf grosse Schwierigkeiten.

Wir sind daher fast lediglich auf die Kuhmilch angewiesen, die allerdings sehr bedeutende Differenzen gegenüber der Frauenmilch erkennen lässt. Dieselben betreffen:

1) Die chemische Zusammensetzung. Die Kuhmilch enthält im Mittel: 87·5 Procent Wasser, 3·4 Procent Eiweiss, 3·6 Procent Fett, 4·8 Procent Zucker, 0·7 Procent Salze; an Salzen enthält 1 Liter Milch: 1·8 g Kali, 1·1 Natron, 1·6 Kalk, 0·2 Magnesia, 0·003 Eisen, 2·0 Phosphorsäure, 1·7 Chor. Die hauptsächlichsten Differenzen lassen sich folgendermaassen zusammenfassen:

Frauenmilch	Kuhmilch
Weniger Eiweissstoffe.	Mehr Eiweissstoffe.
Mehr Zucker.	Weniger Zucker.
Alkalische Reaktion.	Amphotere Reaktion.
Wenig Kaseïn.	Die Eiweissstoffe bestehen hauptsächlich aus Kaseïn.
Mit Magensaft weiche flockige Gerinnsel.	Mit Magensaft derbe Gerinnsel.

Frauenmilch	Kuhmilch
Das Kaseïngerinnsel reagirt alkalisch.	Das Kaseïngerinnsel reagirt sauer.
Viel weniger Salze, namentlich Phosphorsäure, Kalk und Chlor.	Erheblich mehr Salze.

Dazu kommt, dass die Kuhmilch sehr bedeutenden Schwankungen ihrer Zusammensetzung unterliegt, und dass diese Verschiedenheiten vom Säugling schlecht vertragen werden. Es ist das nicht dadurch auszugleichen, dass die Milch von ein und derselben Kuh bezogen wird; vielmehr treten auch dann je nach dem Futter, der Tageszeit u. s. w. grelle Wechsel in der Beschaffenheit der Milch auf. Im Gegentheil zeigt die von mehreren Kühen und Tageszeiten gemischte Milch die constantere Zusammensetzung und wird erfahrungsgemäss vom Säugling besser vertragen.

2) Die Ausnutzung und Verdaulichkeit. Die Ausnutzung ist im Ganzen bei der Kuhmilch etwas schlechter als bei der Frauenmilch. Die Menge der Fäces beträgt 6—7 Procent der Nahrung; das Eiweiss wird zu 98 Procent, das Fett zu 94 Procent, die Salze nur zu 56 Procent, der Kalk nur zu 30 Procent ausgenutzt. Der Koth besteht grösstentheils aus fettsaurem Kalk, enthält aber auch deutliche Spuren von Eiweiss. — Ferner ist die Kuhmilch schwerer verdaulich, weil sie gehaltreicher ist und insbesondere viel derbere Kaseïngerinnsel liefert, in welche die Verdauungssäfte nur langsam vordringen.

3) Der Bakteriengehalt. Die Frauenmilch enthält nicht selten Bakterien, die von der äusseren Haut her in die Ausführungsgänge der Drüsen hineingewuchert sind und daher in den erstentleerten Milchportionen am reichlichsten vorkommen. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Staph. pyog. albus. Im Uebrigen ist die Frauenmilch frei von schädigenden Keimen. Dagegen können mit der Kuhmilch die zahlreichen oben aufgezählten saprophytischen und infektiösen Bakterien in den Darm des Kindes gelangen.

Man versucht, diese Abweichungen der Kuhmilch nach Möglichkeit zu beseitigen:

1) Durch Kindermilchanstalten, wie sie jetzt in den meisten grösseren Städten eingerichtet sind, und durch welche eine gleichmässige und möglichst reinlich gehaltene Milch geliefert wird.

Die dazu benutzten Kühe gehören Rassen an, welche für Perlsucht möglichst wenig empfänglich sind; dieselben werden bis höchstens 10 Monate nach dem Kalben zur Milchproduktion verwendet; das ganze Jahr hindurch wird ein bestimmtes gleichmässiges Trockenfutter (pro Tag 13 Kilo Heu und Grummet,

3 Kilo Gerstenmehl, 3 Kilo Kleie oder 2 Kilo Weizen- oder Maismehl, 6 g Salz) gereicht; und die Milch aller Kühe, ebenso die Morgen- und Abendmilch wird gemischt. — Gleichzeitig ist auf möglichstes Fernhalten saprophytischer und pathogener Bakterien Bedacht genommen. Ein Thierarzt untersucht die neu angekauften Thiere und monatlich einmal die Standthiere. Ferner werden der Stall, die Futtertröge, die Thiere, namentlich aber die Gefässe und Flaschen penibel reinlich gehalten. Die Flaschen oder Kannen sind mit sicherem Verschluss (Plomben) versehen; der Transport geschieht im Sommer in Eispackung. — Der geschilderte Betrieb der Anstalten verursacht selbstverständlich bedeutendere Kosten und der Preis solcher Kindermilch stellt sich daher auf 30—50 Pf. pro Liter. Der Preisunterschied gegenüber beliebiger Marktmilch beträgt also im Mittel 20 Pf.; was bei einem durchschnittlichen täglichen Consum von 1 Liter immerhin nur 6 Mark im Monat und für die gesammte Ernährung eines Säuglings etwa 60 Mark ausmacht.

2) Durch eine Präparation der Milch, die darauf hinausgeht, die Kuhmilch in Bezug auf die chemische Zusammensetzung der Muttermilch ähnlicher zu machen. Am einfachsten sucht man durch Wasserzusatz die Eiweissstoffe und Salze, die in der Kuhmilch in zu grosser Menge vorhanden sind, zu verdünnen und durch Zuckerzusatz das Minus der Kuhmilch in dieser Beziehung auszugleichen. Erfahrungsgemäss ist an den ersten Lebenstagen 1 Theil Milch mit 3 Theilen Wasser zu verdünnen, vom 3. bis 30. Tage 1 Theil Milch mit 2 Theilen Wasser, vom 30. bis 60. Tage 1 Theil Milch mit 1 Theil Wasser und so allmählich abnehmend, bis etwa vom 8. Monat ab reine Kuhmilch gereicht wird. Ferner sind, um den Zuckergehalt der Kuhmilch dem der Frauenmilch zu nähern, pro 1 Liter fertiges Gemisch 26 g Zucker zuzufügen (am besten Milchzucker).

Nach Heubner-Hofmann soll der Säugling pro Tag erhalten:
im 1. Monat: 300 ccm Milch + 300 ccm Wasser + 6 Kaffeelöffel voll Milchzucker (vertheilt auf 8 Flaschen à 75 ccm);
im 2. u. 3. Monat: 450 ccm Milch + 450 ccm Wasser + 9 Kaffeelöffel voll Milchzucker (vertheilt auf 7 Flaschen à 125 ccm);
im 3.—9. Monat: 600 ccm Milch + 600 ccm Wasser + 12 Kaffeelöffel voll Milchzucker (vertheilt auf 6—8 Flaschen à 150 ccm).

Die so präparirte Milch hat dann noch einen abnorm geringen Fettgehalt, 1,5 Procent statt 3 Procent. Um dies auszugleichen, lässt man die Milch vor dem Verdünnen mit Wasser circa 1 Stunde in flachen Gefässen stehen und schöpft nur die oben angesammelte Sahne in das Milchgefäss. Die verdünnte Milch enthält dann etwa 2,6 Procent Fett. — Noch vollkommener ist der Ausgleich in der Gärtner'schen Fettmilch, die aber nur partiell sterilisirt in Flaschen und relativ theuer zu beziehen ist.

3) Durch Tödtung der in der Kuhmilch enthaltenen Bakterien, also durch Kochen, Pasteurisiren, Sterilisiren.

Soll die Milch im Hause gekocht werden, so genügt es, dieselbe in geeigneten Milchkochapparaten 5—10 Minuten auf 97—100° durchzuhitzen, um die vorhandenen Krankheitskeime und fast alle Gährungserreger zu vernichten.

Hierbei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Höhere Temperaturen, durch Erhitzen unter Druck gewonnen, sind völlig überflüssig, ebenso ist es unnöthig, die Temperatur von 97—100° länger als 10 Minuten einwirken zu lassen; denn eine Abtödtung auch der widerstandsfähigeren Milchbakterien gelingt doch erst bei 6stündiger Erhitzung. Auch ist es gar nicht erforderlich, dem Säugling eine völlig keimfreie Milch zu liefern. Bakterien gelangen in den Darm des Säuglings unter allen Umständen durch seine Finger und verschiedenste Berührungen. Es kommt nur darauf an, die Milch von parasitären Bakterien zu befreien und eine Wucherung toxinbildender Saprophyten in der Milch zu verhüten.

Ferner ist zu beachten, dass die gekochte Milch meistens längere Zeit — bis zu 24 Stunden — aufbewahrt werden soll.

Dies ist ohne Zersetzung der Milch nur dann möglich, wenn die Milch nach dem Kochen rasch abgekühlt und bei einigermaassen niederer Temperatur (unter 20° Celsius) aufbewahrt wird. Diejenigen Gährungserreger, welche durch das voraufgehende Erhitzen nicht getödtet werden — und solche sind fast immer vorhanden —, vermehren sich bei niederer Temperatur äusserst langsam, dagegen rasch bei einer Wärme von mehr als 20°. Am bedenklichsten ist in dieser Beziehung ein langsames Abkühlen grösserer Portionen gekochter Milch. Dieselben halten sich viele Stunden auf Temperaturen zwischen 25 und 45°, d. h. auf Wärmegraden, bei denen rascheste Wucherung der restirenden Bakterien erfolgt.

Ausserdem aber muss die aufbewahrte Milch vor dem Hineingelangen neuer Krankheitskeime und solcher Gährungserreger geschützt werden, welche auch bei niederer Temperatur rasch wuchern und die Milch verderben. Dazu ist vor allem nöthig, dass man die Milch während der ganzen Zeit in den Kochgefässen belässt, und aus diesen eventuell nur die jeweils gebrauchten Portionen in Saugflaschen, Tassen u. s. w. abgiesst. Wollte man die Milch in Gefässe, welche in üblicher Weise gereinigt sind, umgiessen und in diesen aufbewahren, so würde sie rasch verderben, weil solche Gefässe stets zahlreiche, sich schnell vermehrende Gährungserreger enthalten.

Auch der Luft soll die Milch während ihrer Aufbewahrung keine zu grosse Berührungsfläche darbieten; es fallen sonst Staub und Schmutz und mit diesen reichliche Bakterien hinein. Eine kleine Berührungsfläche mit der Luft schadet dagegen nichts; die Luft führt gewöhnlich nur spärliche Bakterien, und diese sind in der Form des trockenen Staubes so lebensschwach, dass sie in Milch gelangt, erhebliche Zeit gebrauchen, ehe sie anfangen, sich zu vermehren. Stellt man z. B. zwei Saugflaschen mit der gleichen sterilisirten Milch, die eine mit Wattepfropf, die andere offen, in demselben Zimmer resp. Brütofen auf, so macht sich kaum ein Unterschied bezüglich der Haltbarkeit der Proben geltend, und jedenfalls nicht innerhalb der ersten 24 Stunden.

Vorstehende Gesichtspunkte wurden in früheren Jahren nicht ausreichend beachtet; daher ging man bei den älteren Apparaten zum Milchkochen vielfach darauf hinaus, die Töpfe beim Kochen möglichst hermetisch zu schliessen, Tem-

peraturen über 100° zu erzielen, diese sehr lange einwirken zu lassen und bei der Aufbewahrung namentlich die Luft von der Milch fern zu halten. In Folge dessen waren die Constructionen sehr complicirt, und Geschmack und Farbe der Milch wurden stark verändert.

Für das Kochen kleinerer Portionen Milch, die nicht aufbewahrt, sondern kurz nach dem Kochen verbraucht werden sollen, dienen:

1. Wasserbäder. Ein grosser offener Blechtopf, der innen drei vorspringende Leisten trägt, dient als Wasserbad; in den Ausschnitt der Leisten passt ein kleinerer emaillirter oder porzellanener, mit Deckel versehener Milchtopf. Das Erhitzen der Milch bedarf keiner Beaufsichtigung; Ueberkochen kann nicht stattfinden; nach 20 Minuten vom Sieden des Wassers ab gerechnet sind selbst Milzbrandsporen vernichtet.

2. Soltmann's Milchkocher. Durch einen besonders construirten Blecheinsatz wird ein stetes Rücklaufen der aufwallenden Milch in das Kochgefäss bewirkt und dadurch ein Ueberkochen vermieden. — Da das Gefäss offen sein muss, kocht die Milch sehr stark ein.

3. Irdene Töpfe mit durchlochtem Deckel; die aufwallende Milch läuft durch die Löcher wieder in das Gefäss zurück. Das Einkochen ist geringer, wie beim Soltmann'schen Kocher; s. unten.

Die Milchkocher von Bertling, Cohn, Roeder, Hartmann haben nur unnöthige Complikationen.

Für das Kochen grösserer Portionen Milch, insbesondere der ganzen Tagesration des Säuglings sind zu empfehlen:

1. Soxhlet's Milchkocher. Die mit Wasser und Zucker gemischte Milch wird je nach dem Bedarf des Säuglings in 6—10 kleine Saugflaschen

Fig. 76. Soxhlet's Milchkocher.

gefüllt; diese werden mit durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen im Wasserbad erhitzt; war das Wasser einige Minuten im Kochen, so wird die Bohrung des Stopfens mit einem Glasstäbchen verschlossen, und dann wird noch weitere 10 Minuten erhitzt. Sämmtliche Fläschchen bleiben dann an kühlem Orte stehen; unmittelbar vor dem Gebrauch wird der Stopfen des einzelnen Fläschchens durch den Saugstopfen ersetzt. — Bürsten u. s. w. zur Reinigung der Flaschen werden beigegeben.[1]

[1] Zu beziehen von Dr. Lehmann, Berlin C., Heiligegeiststrasse 43 für den Preis von 18 bis 20 Mark.

Der Soxhlet'sche Apparat war der erste, der in rationeller Weise die Aufbewahrung grösserer Milchquantitäten ermöglichte; er hat mit Recht weiteste Verbreitung gefunden.

Einige Nachtheile des Apparats werden bei einer neueren Construction vermieden, welche kleine Gummischeiben als Verschluss der Flaschen verwendet. Die Scheiben werden lose auf die Flaschen aufgelegt, nur seitlich durch eine Metallhülse fixirt, und lassen während des Kochens Luft und Wasser-

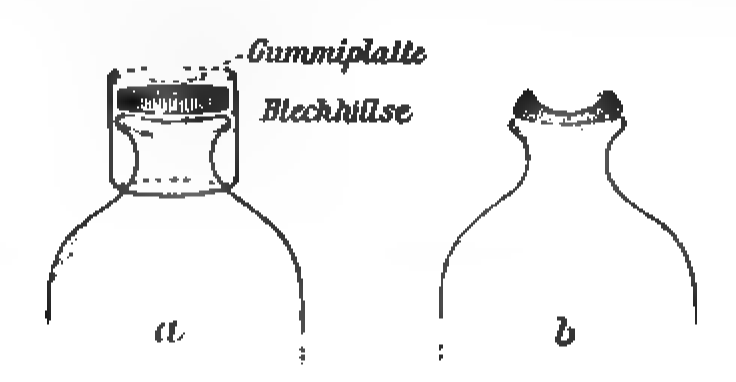


Fig. 77.
Soxhlet's Gummischeiben-Verschluss. *a* vor dem Kochen, *b* nach dem Kochen und Abkühlen.

dampf entweichen, beim Erkalten werden sie aber durch den Luftdruck derartig angepresst, dass sie einen festen Verschluss bilden.

Der Kautschukverschluss, der zu schlechtem Geschmack Anlass giebt, lässt sich ganz vermeiden dadurch, dass die Fläschchen mit kleinen Glashütchen bedeckt werden; Einkerbungen an deren unterem Rand (Fig. 78 c) verhüten ein Abgleiten der Hütchen. Dieselben haben solchen Abstand vom Flaschen-

A B C

Fig. 78. Milchfläschchen mit Glashütchen.
A Die Flaschen im Kochtopf. *B* Flaschenhals mit Hütchen, bei *a* Einkerbungen, um das Abgleiten zu hindern. *C* Flaschenhals und Hütchen im Querschnitt; *a* Einkerbungen, *b* Rand des Hütchens, *c* Flaschenhals.

hals, dass die Aussenluft in freier Communication vom Flaschenhals mit dem Innenraum der Flasche steht, dass also der Wasserdampf beliebig entweichen und beim Erkalten Luft in die Flasche eintreten kann.[1]

Trotz der freien Communication mit der Aussenluft ist der Verschluss völlig bakteriendicht. Es ist längst erwiesen (s. Kap. 1), dass den in der Luft

[1] Zu beziehen von Büchler, Breslau, Carlstrasse; ausserdem nach den Angaben im Text in jedem Geschäft für chemische Utensilien leicht herzustellen.

schwebenden Bakterien meist eine gewisse Schwere zukommt, dass sie daher — abgesehen von sehr heftigen Luftströmungen — für gewöhnlich nicht vertikal aufwärts geführt werden können. Dass auch thatsächlich die Milch in den mit Hütchen verschlossenen Fläschchen genau ebenso lange Haltbarkeit zeigt, wie in den mit Kautschukstopfen oder Watte verschlossenen, ist durch besondere Versuchsreihen erwiesen.

Der Kochtopf wird zweckmässig nach Art des Koch'schen Dampfofens mit konischem, oben durchbohrtem Deckel verschlossen (Weite der Bohrung nicht über 0·5 cm). Sobald der Dampf aus der Oeffnung in kräftigem Strahl ausströmt, ist derselbe 100° warm; von diesem Moment ab belässt man das Wasser noch 10 Minuten im Sieden. Man hat also nur die gefüllten und verschlossenen Fläschchen in den Kochtopf einzusetzen, anzuheizen, bei gelegentlichem Vorbeigehen nachzusehen, wann der Dampf kräftig ausströmt, und von da ab noch 10 Minuten auf dem Feuer zu belassen.

Mag man die eine oder die andere Art von Soxhletkochern benutzen, in jedem Falle ist es von Wichtigkeit, die gekochte Milch rasch abzukühlen. Am besten lässt man den Einsatz mit Flaschen zunächst 1/2 Stunde in der Luft sich abkühlen; dann füllt man in den Kochtopf kaltes Wasser und belässt die Flaschen hierin 1 Stunde; darauf bewahrt man den Einsatz im leeren Topf in einem kühlen Raum auf.

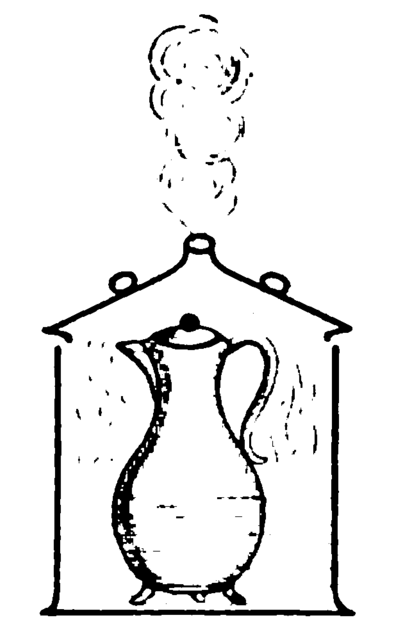


Fig. 79. Milchkocher in Kannenform.

2. Milchkocher in Kannenform. Eine 2 Liter fassende Kanne aus emaillirtem Blech passt in den beim vorigen Apparat verwendeten Kochtopf. Sie wird mit Milch gefüllt und in strömendem Dampf von 100° 10 Minuten erhitzt. Die herausgenommene Kanne wird zweimal in kaltem Wasser gekühlt, und bleibt dann in dem entleerten Kochtopf an kühlem Orte stehen; aus derselben wird unmittelbar vor dem Gebrauch die jedesmal nöthige Portion Milch ausgeschenkt. — Die Milch ist in solcher Kanne auch bei häufigem Ausschenken nach 24 Stunden noch nahezu bakterienfrei und kann Kindern ohne jede Gefahr verabreicht werden. — Erheblich billiger als Soxhlet-Apparate.

3. Töpfe mit durchlochtem Deckel für halbe Tagesportionen (12 Stunden). Die Deckel haben in der Mitte ein kurzes Rohr von ca. 2 cm weitem Durchmesser, in der Peripherie 4 oder 5 Löcher von 1 cm Durchmesser (s. Fig. 80). Kocht man die Milch in solchem Topf auf lebhaftem Feuer, so wallt sie durch die mittlere Oeffnung in die Höhe und fliesst durch die anderen Löcher des Deckels wieder in den Topf zurück; Ueberkochen findet auf Herdfeuer nie statt. Die Töpfe werden aus emaillirtem Eisenblech oder aus glasirtem Thon (Bunzlauer Geschirr) hergestellt; letztere kosten bei 1 1/2 Liter Inhalt 60 Pf.

Die Milch ist bei 24stündiger Aufbewahrung nicht so keimarm wie bei den vorgenannten Methoden; es ist daher in diesen Töpfen besser 2mal täglich eine Portion Milch zu kochen. Nothwendig ist die Einhaltung folgender Gebrauchsvorschriften, die zweckmässig jedem Topf gedruckt beizugeben sind:

„Man messe so viel Milch ab, wie das Kind in einem halben Tage trinkt und verdünne dieselbe für jüngere Säuglinge in der üblichen Weise mit Wasser (bis zum Alter von 1 Monat 1 Th. Milch und 2 Th. Wasser, von da ab 1 Th.

Milch und 1 Th. Wasser, vom 4. Monat das Wasser allmählich abnehmend, vom 8. Monat ab reine Milch; ferner zu je 1 Liter fertigen Gemisches 25 g Milchzucker). Jedem Liter der zu kochenden Milch, sei dieselbe unverdünnt oder verdünnt, füge man ferner 5 Theilstriche der Saugflasche (= $^1/_{10}$ Liter) Wasser vor dem Kochen zu; dieses Wasser verdampft wieder bei dem nachfolgenden Kochen. Sodann setze man den Topf auf's Feuer und beobachte, wann die Milch anfängt, über den Deckel heraufzusteigen. Von da ab lässt man noch 10 Minuten kochen. Hat man einen kühlen Raum zur Verfügung, so bewahre man den Topf mit der Milch ohne weiteres dort auf. Muss die Milch im warmen Zimmer aufbewahrt werden (z. B. im Hochsommer), so setze man den Topf mit der Milch in eine irdene Schale mit ca. 2 Litern kalten Wassers; bei starker Sommerhitze ist nach $^1/_2$ Stunde noch einmal frisches Kühlwasser einzugiessen. Hat der Topf im Ganzen 1 Stunde im Wasser gestanden, so nimmt man ihn heraus und lässt ihn im Zimmer stehen. Die Saugflasche ist jedesmal erst unmittelbar vor dem Trinken mit Milch zu füllen und gleich nach dem Trinken zu reinigen."

Fig. 80. Milchkochtopf mit durchlochtem Deckel.

Sind Polikliniken und Armenärzte in der Lage, für bereits erkrankte Kinder aus den ärmsten Bevölkerungsklassen bereits sterilisirte Milch gratis abzugeben, so kann dadurch zweifellos viel Segen gestiftet und manche sonst zum Tode führende gastrische Störung der Heilung entgegengeführt werden. Für diese Fälle ist am besten eine Milch zu verwenden, die bereits dem Alter des Säuglings entsprechend mit Wasser und Zucker vermischt und dann in kleinen Saugfläschchen partiell sterilisirt ist, damit jedes Manipuliren mit der Milch im Hause vermieden wird. Das an einem Tage hergestellte Milchquantum muss kühl gehalten und binnen 24 oder höchstens 48 Stunden verbraucht werden.

Für Reisen oder für den Fall, dass das Kochen im Hause momentan nicht mit der erforderlichen Sorgfalt geschehen kann, empfiehlt sich die Benutzung der in Blechdosen total sterilisirten Milch (s. oben). Dieselbe ist aus den Büchsen stets direct in die Saugflaschen zu giessen und in diesen eventuell mit gekochtem Wasser zu mischen.

Eine weitergehende Verwendung der vor dem Kauf sterilisirten Säuglingsmilch erscheint nicht zweckmässig. Vollständig sterilisirte Milch ist zu theuer; die partielle Sterilisirung liefert ein nur bei strenger Controle unbedenkliches Präparat. Jede einigermaassen sorgsame Mutter wird sich auf solche Präparate nur im Nothfall ver-

lassen, dagegen für gewöhnlich den Einkauf guter roher bezw. pasteurisirter Kindermilch und deren Zubereitung im Hause vorziehen.

Neuerdings sind auch Apparate construirt, um im Hause die Milch bei relativ niederer Temperatur, 60—70°, ebenso zu sterilisiren, wie durch das Soxhletkochen; die Zeitdauer der Erhitzung muss dann entsprechend ausgedehnt werden (auf 1½ Stunden und mehr). Es soll dadurch chemischen Veränderungen der Milch noch besser vorgebeugt werden. Hierher gehören KOBRACK's Pasteurisirapparat sowie die Thermophore; letztere scheinen nicht ganz gleichmässig zu wirken.

c) Die Ernährung des Kindes mit besonders präparirter Kuhmilch und Milchsurrogaten.

Die Beobachtung, dass manche Kinder die nach dem S. 284 gegebenen Vorschriften mit Wasser und Milchzucker versetzte Kuhmilch nicht vertragen, hat zu zahlreichen Versuchen geführt, die Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu machen. Entweder hat man eine leichtere Verdaulichkeit nnd eine Gerinnung des Kaseïns in weicheren Flocken herbeizuführen gesucht durch Zusätze von Hafer- oder Gerstenschleim zur Milch; oder das Kaseïn ist durch Behandlung mit Verdauungsfermenten theilweise in Albumosen übergeführt (Präparate von Voltmer in Altona, und von Loeflund). — Ueber Buttermilch s. S. 295.

In einer zweiten Gruppe von Präparaten hat man das am meisten gefürchtete Kaseïn ganz oder fast ganz fortgelassen, oder auch andere Eiweisskörper in die kaseïnfreie Milch einzuführen versucht (BACKHAUS' Milch; Mischung aus Rahm und Molke, so dass nur Molkenproteïn und Albumin übrig bleiben. — BIEDERT's Rahmgemenge; Emulsion aus Eiereiweiss, Butterfett, Milchzucker und Milchsalzen).

Einer dritten Gruppe gehören die sog. Kindermehle an, die theils mit Wasser bereitet als zeitweises Surrogat der Kuhmilch dienen sollen, theils der Milch zugesetzt werden.

	Wasser	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate		Salze
				in Wasser löslich	unlöslich	
	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent
Nestlémehl (Vevey)	6·6	9·6	4·3	42·9	34·4	2·0
KUFEKE's Kindermehl	8·8	12·5	2·0	21·9	52·2	2·1
Lakto-Leguminose (GERBER in Thun)	6·3	16·7	5·6	43·2	24·4	3·0
Präparirtes Hafermehl (KNORR in Heilbronn)	10·0	12·6	6·1	5·6	63·7	1·4

In fast allen Präparaten ist ein Teil des Amylums durch Hitze oder durch Erhitzen mit wenig Säure oder durch diastatisches Ferment in lösliche Stärke,

Dextrin, resp. Zucker übergeführt; die meisten enthalten aber immer noch ziemlich beträchtliche Mengen unveränderter Stärke, andere haben in Folge von Rohrzuckerzusatz einen widerlich süssen Geschmack. Einige der gebräuchlichsten haben die in obiger Tabelle angegebene Zusammensetzung.

Besonders günstige Erfahrungen liegen vor über die Liebig'sche Suppe, die nach Liebig's alter Vorschrift durch allmähliches und anhaltendes Erwärmen von Milch mit Weizen- und Malzmehl, unter Zugabe von etwas Kalicarbonicum, bereitet werden sollte, und bei welcher das Amylum fast vollkommen in Maltose verwandelt war. — Neuerdings haben Czerny und Keller für diese „Malzsuppe" eine verbesserte Vorschrift gegeben: 50 g Mehl sollen mit $^1/_3$ Lilch gequirlt werden, dann ist eine Mischung von 100 g Malzextrakt in $^2/_3$ Liter Wasser und 10 ccm einer 11 procentigen Kalicarbonicum-Lösung zuzufügen, und das Ganze kurz auf Siedetemperatur zu erhitzen.

Die aufgezählten Präparate kommen nur für den relativ kleinen Bruchtheil von Kindern in Frage, welche die übliche Kuhmilchmischung nicht vertragen, oder welche vorübergehend an Verdauungsstörungen leiden. Ueber die Indikationen für das eine oder andere Präparat hat im Einzelfall der Kinderarzt zu entscheiden. Die ausgedehnteste günstige Wirkung scheint der Malzsuppe zuzukommen.

Ausserdem sind die Mehlpräparate im späteren Säuglingsalter als Zugabe zur Milch zu verwenden.

3. Molkereiprodukte.

Butter wird aus Rahm oder Milch durch Schlagen hergestellt.

Der Vorgang, der dabei zum Ausscheiden der Butter führt, ist noch nicht vollständig aufgeklärt; am wahrscheinlichsten ist es, dass das Milchfett flüssig ausgeschieden wird und flüssig bleibt, trotzdem die Milch unter den Erstarrungspunkt abgekühlt wird. Bei Bewegung findet dann plötzlicher Uebergang in den festen Zustand und dabei leichte Vereinigung zu grösseren Massen statt.

Aus Milch wird die Butter nicht so fettreich und so wohlschmeckend, daher wird die Darstellung aus Rahm vorgezogen. Um letzteren zu gewinnen, ohne dass die Milch sauer wird, ist die Milch entweder in sehr dünnen Schichten auszubreiten, oder sie wird nach dem Swartz'schen Verfahren in höheren Schichten mit Eiskühlung behandelt; oder aber nach dem Becker'schen Verfahren auf 50 bis 70° 2 Stunden erwärmt, wodurch sie ebenfalls gute Haltbarkeit erlangt. Neuerdings werden indessen hauptsächlich Centrifugen (Separatoren) benutzt, ursprünglich von Lehfeld construirt in Form einer rotirenden Trommel, in welcher die Milch sich vertikal aufrichtet und in mehrere Schichten theilt, je nach der Schwere der Bestandtheile. Zu innerst lagert sich der Rahm, aussen die Magermilch, in der Mitte die frisch zulaufende Milch; die beiden Produkte kommen gesondert zum Ablauf. — Später sind vielfache abweichende Constructionen in den Handel gekommen.

Ein besonderer Vortheil der Centrifugen liegt darin, dass man in Folge des schnellen Betriebes frische und gut benutzbare abgerahmte Milch bekommt. Früher, wo das Aufrahmen 36—48 Stunden dauerte, war die abgerahmte Milch ein Artikel, der nur mit grösstem Misstrauen gekauft werden konnte und unter den Händen verdarb. Jetzt

ist die abgerahmte Milch so haltbar wie Vollmilch, zumal wenn sie pasteurisirt wird, besitzt hohen Nährwerth und deckt ausserordentlich billig den Eiweissbedarf des Menschen; für 15—18 Pfennig wird der ganze Tagesbedarf an Eiweiss geliefert. Die Magermilch wird von der ärmeren Bevölkerung noch viel zu wenig consumirt, da dieselbe den Vortheil des jetzigen centrifugirten Produktes gegenüber dem früheren nicht hinreichend beachtet.

Die Butter soll demnächst durch Kneten vom Wasser und den anderen Bestandtheilen der Milch, Kaseïn, Milchzucker, Salzen, möglichst befreit werden; die andernfalls zurückbleibenden Beimengungen machen die Butter minderwerthig und beschleunigen erheblich die Zersetzung.

Die mittlere Zusammensetzung der Butter ist folgende: 13,6 Procent Wasser, 84,4 Procent Fett, 0,7 Procent Caseïn, 0,5 Procent Milchzucker, 0,66 Procent Salze. Der Schmelzpunkt der Butter liegt gewöhnlich zwischen 31 und 37°, der Erstarrungspunkt zwischen 19 und 24°.

Marktfähige Butter soll mindestens 80 Procent Fett und höchstens 2 Procent Kochsalz enthalten. Oft findet man Butter mit 30—35 Procent Wasser und erhält dann in 1 Pfund Butter nur 315 g Fett statt 425 g. — Um das leichte Verderben solcher wasserreicher Butter zu hindern, wird Kochsalz zugesetzt, 30 g pro 1 kg und mehr. Dadurch wird der Profit der Händler noch grösser. Die süddeutsche Sitte, die Butter ungesalzen in den Handel zu bringen, ist weit empfehlenswerther, weil solche Butter sehr sorgfältig behandelt werden muss, wenn sie nicht schnellem Verderben ausgesetzt sein soll.

Die Butter enthält meistens sehr zahlreiche lebende Bakterien, oft 1—10 Millionen in 1 g; und zwar nicht nur die aus längere Zeit gestandenem Rahm bereitete Butter, sondern auch Butter aus Centrifugen-Sahne, weil beim Centrifugiren die Rahmtheilchen Bakterien mechanisch mitreissen. Enthält die Milch Tuberkelbacillen, so gehen diese nachweislich beim Centrifugiren in Sahne, Magermilch, Buttermilch und Centrifugenschlamm über. In Folge dessen finden wir Tuberkelbacillen — und unter Umständen andere infektiöse Milchbakterien — reichlich in der Butter vertreten. Sehr häufig begegnet man ferner in der Butter den S. 67 erwähnten „säurefesten“ Bacillen, die von der Ackererde auf Futtergräser, mit diesen in die Kuhexkremente und mit letzteren in die Milch zu gelangen scheinen. — Pasteurisiren des zur Butterbereitung verwendeten Rahms würde gegen die bakterielle Gefahr des Buttergenusses Schutz gewähren. Dasselbe stösst um so weniger auf Schwierigkeiten, als das zu pasteurisirende Quantum relativ klein ist, und als die Butter bei Einhaltung von 85° und 2 Minuten (s. S. 276) nicht an Geschmack einbüsst.

Eine erhebliche Geschmacksalteration und vermuthlich auch eine

für die Verdauungsorgane nicht belanglose Aenderung erleidet die Butter beim Aufbewahren durch das Ranzigwerden, das hauptsächlich auf einem Freiwerden von Fettsäuren bezw. auf der Entstehung von Oxyfettsäuren beruht. Es wird in erster Linie durch Belichtung und durch Luftzutritt begünstigt, ausserdem durch Bakterienwucherung. Abschluss der Butter gegen Luft und Licht ist die zweckmässigste Schutzmaassregel.

Von Fälschungen der Butter kommt in Frage ein zu grosser Wasser- und Kochsalzgehalt (s. oben); ferner Beimengungen von Farbstoff, Mehl, Schwerspath u. s. w., namentlich aber von fremden Fetten. Letzteres erklärt sich aus den Preisverhältnissen; 1 kg Butter kostet im Mittel 2.60 Mark, 1 kg Rindstalg oder Schweineschmalz 1.30 Mark; noch billiger sind die importirten pflanzlichen Fette, Palmöl, Cocusbutter u. s. w.

Untersuchung der Butter. Zur Wasserbestimmung werden 5 g Butter in flacher Nickelschale 30—40 Minuten im Vakuumtrockenapparat getrocknet und gewogen. — Der Kochsalzgehalt wird durch die Bestimmung des Chlors im wässrigen Extrakt der Asche ermittelt. — Zur Feststellung des Grades der Ranzigkeit werden 5 g Butter in Aether gelöst und mit alkoholischer $^1/_{10}$ Normal-Kalilauge nach Zusatz von Phenolphtaleïn titrirt. Als Säuregrade bezeichnet man die zur Sättigung von 100 g Fett verbrauchten Cubikcentimeter Normal - Kalilauge. Gute Tafelbutter hat meist weniger als 5 Säuregrade; doch kommen höhere Säuregrade ohne ausgesprochene Ranzigkeit vor und umgekehrt.

Genauere Erkennung der fremden Fette ist möglich durch das Mengenverhältniss der niederen und höheren Fettsäuren. Butter enthält 87 bis 88 Procent höhere und 12 bis 13 Procent niedere Fettsäuren. Andere thierische und pflanzliche Fette dagegen 95—96 Procent höhere und nur sehr wenig niedere Fettsäuren. Die höheren Fettsäuren sind im Wasser unlöslich, nicht flüchtig und bilden grosse Moleküle (C_{18} . . . .). Eine Lösung von 1 g braucht daher eine relativ geringe Zahl Alkalimoleküle zur Neutralisation. Die niederen Fettsäuren sind löslich in Wasser, flüchtig und haben kleinere Moleküle (C_4 . . .), so dass für die Neutralisation von 1 g Substanz mehr Alkalimoleküle verbraucht werden. — Zur Untersuchung der Art der Fettsäuren werden die Fette zunächst verseift, die Seife wird in Wasser gelöst und mit Schwefelsäure zersetzt. Man bekommt so in der wässerigen Lösung die zwei Antheile der Fettsäuren in freiem Zustande: die unlöslichen, die durch Filtration abgetrennt und gewogen werden, und die löslichen, welche im Filtrat enthalten sind und durch Destillation desselben von der Schwefelsäure abgetrennt werden können. Das Destillat enthält bei Butter grosse Mengen, bei anderen Fetten nur Spuren von Säuren. Die Menge derselben lässt sich mit Alkalilösung von bekanntem Gehalt leicht quantitativ bestimmen. (Hehner, Köttstorfer, Reichert-Meissl).

Ferner ist für die Unterscheidung fremder Fette die Bestimmung des Schmelz- und Erstarrungspunktes benutzbar; oder die Bestimmung des Brechungsvermögens mit dem Zeiss'schen Butterrefraktometer.

Die Kunstbutter.

Die Einführung guter Surrogate der Butter ist von grosser hygienischer Bedeutung, da das Fett eine sehr theuere Nahrung bildet und billigere Fette, Talg und Schmalz, nur zu wenigen Speisen zu gebrauchen sind.

Es gelang zuerst Mège-Mouriès ein Surrogat für Butter zu finden. Er verarbeitete Rindstalg so, dass zunächst durch Pepsin in Form von Schaf- oder Schweinemagen die einhüllenden Membranen des Fettes gelöst wurden; die erstarrte Masse wurde dann im Pressbeutel bei 25° unter eine hydraulische Presse gebracht, es blieben 40—50 Procent Stearin zurück, während 50—60 Procent flüssiges Oleomargarin durchgingen. Letzteres wurde mit Kuhmilch, Wasser und den löslichen Theilen von Kuheuter im Butterfass verarbeitet. — Später ist das Verfahren mannigfach modificirt worden; namentlich wird das Stearin nicht abgetrennt, sondern Pflanzenöl, das vorher mit überhitztem Wasserdampf behandelt ist, zugemengt. Die Fabrikation ist in Deutschland, Oesterreich und namentlich Nord-Amerika eine sehr ausgedehnte. Die in Düsseldorf etablirten Fabriken produciren allein jährlich mehrere Millionen Pfund.

Die Kunstbutter kommt jetzt unter den Namen Margarine (auch Oleomargarin, Sparbutter, Wiener Sparbutter, Holländische Butter u. s. w.) in den Handel. Sie kostet im Durchschnitt 1 Mark pro 1 kg; Bäcker und Konditoreien, Gast- und Speisewirthschaften verwenden sie in ausgedehntem Maasse. Sie soll nicht zum Rohgenuss dienen, namentlich ist das unmöglich, seit gesetzlich verboten ist, die Kunstbutter mit Naturbutter zu vermengen. Dagegen ist sie sehr zweckmässig für Kochen und Braten zu verwenden und einer schlechten Butter vorzuziehen, weil sie ein reineres Fett darstellt und weniger leicht ranzig wird. In Bezug auf die Ausnützung und die Bedeutung als Fettnahrung ist die Kunstbutter der Naturbutter ungefähr gleichwerthig. Wir haben also vom hygienischen Standpunkt ein entschiedenes Interesse an ihrer Verbreitung als Volksnahrungsmittel.

Allerdings ist eine gewisse Ueberwachung der Produktion nöthig; es könnten sonst ekelerregende Fette von Abdeckereien u. s. w. benutzt werden, und es ist das um so unzulässiger, als bei der Herstellung der Kunstbutter nicht immer Temperaturen angewendet werden, die zur Tödtung von Parasiten ausreichen. Die Ueberwachung stösst indess auf geringe Schwierigkeiten, da die Herstellung fast nur in grossen Betrieben erfolgt.

In Deutschland ist durch Gesetz vom 15. Juni 1897 bestimmt, dass Verkaufsstellen für Margarinepräparate durch deutliche Plakate als solche kenntlich gemacht werden müssen. Zugleich ist jede Vermischung von Butter und Margarine verboten, und die zu Handelszwecken benutzten Margarinepräparate müssen einen die Erkennbarkeit mittelst chemischer Untersuchung erleichternden Zusatz enthalten. — Als solcher ist Sesamöl angeordnet, welches beim

Schütteln mit alkoholischer Furfurollösung und Salzsäure Rothfärbung giebt Beim Vorhandensein gewisser Farbstoffe ist allerdings eine complicirtere Vorbereitung erforderlich.

Buttermilch bleibt vom Buttern des Rahms zurück, enthält noch $^1/_2$ bis 1 Procent Fett, 3 Procent in Flocken geronnenes Kaseïn, ca. 3 Procent Milchzucker und etwas Milchsäure. Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise gelangen sehr zahlreiche Bakterien in das Präparat. Aus Centrifugenrahm gewonnene Buttermilch wird als leicht verdauliches Kindernährmittel empfohlen.

Käse bereitet man durch Fällen des Kaseïns mittelst Lab (Extrakt aus Kälbermagen).

Etwa 30 Minuten nach dem Labzusatz und Erwärmen auf 35° erfolgt Gerinnung der Milch. Aus 10—12 Liter erhält man 1 kg Käse, letzterer wird durch Pressen und Liegenlassen an der Luft unter häufigem Umwenden getrocknet, sodann lässt man ihn reifen. Man unterscheidet Weichkäse, bei niederer Temperatur coagulirt und wenig gepresst: ferner überfette Käse aus Rahm, resp. Rahm mit wenig Milchzusatz (z. B. Fromage de Brie, Gervaiskäse u. s. w.), fette Käse aus ganzer Milch (z. B. Holländer, Schweizer u. s. w.), Magerkäse aus der abgerahmten, meist sauren Milch (Quark, Handkäse).

Beim Reifen tritt Verlust von Wasser ein, sodann eine Umwandlung des Kaseïns in Pepton und Amide und sogar Ammoniak. Es entstehen niedere Fettsäuren, ferner scharfe, bittere oder aromatische Produkte. Offenbar sind dies Bakterieneinwirkungen, die im Einzelnen noch nicht genau bekannt sind.

Der Käse repräsentirt ein sehr concentrirtes Nahrungsmittel, das namentlich Eiweiss und Fett in grosser Menge enthält. Die Zusammensetzung siehe S. 252.

Mit Rücksicht auf den Preis können die feineren Sorten nur als Luxusartikel gelten, aber schon Schweizer- und Holländerkäse sind ziemlich billige Eiweiss- und Fettlieferanten; der Magerkäse kostet freilich nur $^1/_4$ so viel als die vorgenannten und repräsentirt geradezu das billigste Eiweiss.

Die Ausnutzung des Käses ist eine gute und vollständige, aber für viele Menschen ist derselbe ein schwerverdauliches Nahrungsmittel, das namentlich die Magenverdauung lange in Anspruch nimmt. Daher ist der Käse nur in kleineren Mengen und fein zerkleinert verwendbar und steht an hygienischer Bedeutung hinter der abgerahmten Milch zurück.

Der Bakteriengehalt des Käses ist immer ein sehr bedeutender. Hauptsächlich sind Saprophyten vertreten, indess ist auch die Möglichkeit gegeben, dass Parasiten vorhanden sind oder dass solche Saprophyten sich stärker entwickeln, welche toxische Stoffwechselprodukte liefern und durch diese „Käsevergiftungen“ hervorrufen.

Molken enthalten Milchzucker, etwas Milchsäure, Salze und Pepton; sie haben eine leicht laxirende Wirkung, können daher wohl den Ernährungszustand

indirect bessern, sind aber nicht selbst ein gutes Nährmittel, ihr geringer Gehalt an Pepton kommt hierfür nicht in Betracht.

Von sonstigen Milchpräparaten sei noch Kumis und Kefyr erwähnt, ersterer aus Stutenmilch, letzterer aus Kuhmilch bereitet und auch bei uns jetzt vielfach als Diäteticum gebraucht. — Durch das Kefyrferment, das aus Hefe und verschiedenen Bakterienarten besteht und in der gleichen Combination sich gut weiter züchten lässt, wird der Milchzucker zum Theil in Glycose umgewandelt. Aus dieser entsteht durch die Hefe Alkohol und Kohlensäure, so dass ein schwach berauschendes und moussirendes Getränk resultirt. Der Alkoholgehalt beträgt ca. 1 Procent. Ein anderer Theil des Milchzuckers wird ausserdem in Milchsäure verwandelt. Fertiger Kefyr enthält von letzterer etwa $1^1/_2$ Procent. Ferner gerinnt das Kaseïn in ausserordentlich feinen Flöckchen (rahmähnlich) und wird theilweise peptonisirt, so dass es sehr leicht verdaulich ist. — Bei den mohamedanischen Bergvölkern des Kaukasus ist die Bereitung des Kefyr von Alters her in Gebrauch und geschieht einfach dadurch, dass die frische Milch in Schläuche gefüllt wird, in welchen schon Kefyr bereitet war. Man hält die Schläuche mässig warm, von Zeit zu Zeit müssen sie geschüttelt oder gestossen werden. — Bei uns erfolgt die Bereitung in Flaschen mit trockenen Körnern, die vorher in Wasser und dann in Milch zum Quellen gebracht sind; oder mit frischen Körnern, die eben von fertigem Kefyr abgesiebt sind. Die Flaschen müssen gut verschlossen 1—2 Tage bei etwa 18° gehalten und häufig geschüttelt werden.

Kefyr scheint bei Verdauungs- und Ernährungsstörungen oft günstig zu wirken. Der Bakterienreichthum ist durchaus nicht bedenklich, die grosse Menge Milchsäure wirkt kräftig entwickelungshemmend und tödtend auf alle fremden und insbesondere pathogenen Bakterien.

Litteratur (Milch und Molkereiprodukte): Kirchner, Handbuch der Milchwirthschaft, 3. Aufl. — Czerny und Keller, Des Kindes Ernährung u. s. w. Ein Handbuch für Aerzte. Leipzig, Wien 1901. — Biedert, Die Kinderernährung, Stuttgart 1897. — Heubner und Rubner, verschiedene Arbeiten über Stoffwechsel und Ernährung des Kindes im Archiv f. Hygiene, Zeitschr. f. Biologie und Jahrbuch f. Kinderheilkunde 1896—1902. — Flügge, Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisirung, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 17. — Lübbert, Die Giftwirkung der peptonisirenden Bakterien der Milch, ibid. Bd. 22. — Vergl. Munk und Uffelmann, König, Forster, l. c. — Untersuchung von Milch und Milchpräparaten: Thoms-Gilg, Nahrungsmittelchemie, Leipzig 1891.

4. Fleisch.

Als Marktwaare kommt vorzugsweise das Fleisch von landwirthschaftlichen Nutzthieren, nebenbei das Fleisch von Wild, Geflügel, Fischen, Austern u. s. w. in Betracht. Die Hauptmasse des Fleisches bilden die Muskeln; daneben Fett, Bindegewebe, Knochen, Drüsengewebe u. s. w. Ausser Fett, leimgebender Substanz und Salzen findet man Eiweissstoffe: Syntonin, Myosin, Muskelalbumin, Serumalbumin; ferner zahlreiche Extractivstoffe, wie Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin, Milchsäure; kleine Mengen Inosit und Glycogen.

Die Zusammensetzung des Fleisches (vergl. Tab. S. 252) schwankt sehr bedeutend je nach der Thierspecies, nach dem Mästungszustande und Alter des Thieres. Auch die verschiedenen Muskeln des gleichen Thieres zeigen Unterschiede, jedoch vorzugsweise nur im Fettgehalt. Viel bedeutender sind die Differenzen zwischen den einzelnen Fleischsorten in Bezug auf specifischen Geschmack, Zartheit der Faser und Derbheit des Sarkolemms sowie des eingelagerten Bindegewebes. Diese Differenzen sind für den Preis einer Fleischsorte viel mehr maassgebend als der Gehalt an Eiweiss und Fett.

Beim Ochsen werden als die zartesten und wohlschmeckendsten Partieen geschätzt: Schwanzstück, Lendenbraten, Vorderrippe, Hüftenstück, Hinterschenkelstück; die schlechtesten und billigsten sind Kopf, Beine, Hals und Wanne; die übrigen Stücke rangiren dazwischen. — Als besonders zart, fettarm und leicht verdaulich gilt das Fleisch von jungem Geflügel und Wild; letzteres hat aber starkes Bindegewebe und muss daher längere Zeit abhängen oder in saure Milch eingelegt werden. Kalbfleisch enthält mehr Wasser und Leimsubstanz und weniger Extractivstoffe als Ochsenfleisch; übrigens ist Geschmack und Nährwerth ganz abhängig vom Alter und Mastzustand. Schweinefleisch ist meist fettreich und deshalb schwerer verdaulich; als Volksnahrungsmittel besonders beliebt, weil Schweine beim Schlachten die geringsten Abfälle und leicht herstellbare Conserven liefern. Pferdefleisch hat einen unangenehm süsslichen Geschmack; ausserdem kommen meist abgetriebene oder verunglückte Thiere zur Schlachtbank. Fische haben theils ein fettarmes, leicht verdauliches, theils ein durch starke Fetteinlagerung in's Sarkolemm schwer verdauliches Fleisch (Aal, Lachs). — Austern, Muscheln u. s. w. haben grossen Wassergehalt, nur 5—6 Procent Eiweiss, und ihr absolutes Gewicht ist so gering, dass sie für die Ernährung kaum ernstlich in Betracht kommen können.

Die Ausnutzung sämmtlicher Fleischsorten ist eine vorzügliche. Eiweiss und Leim werden im Mittel zu 98 Procent, das Fett zu 95 Procent, die Salze zu 80 Procent resorbirt.

Der Fleischgenuss ist indess mit zahlreichen Gefahren für die Gesundheit verbunden. Erstens können im Fleich thierische Parasiten (Trichinen, Finnen) enthalten sein, die sich im Menschen ansiedeln; zweitens können pflanzliche Parasiten der Schlachtthiere im Fleisch enthalten sein; drittens kann das Fleisch nach dem Schlachten pathogene und saprophytische Bakterien aufnehmen und in den Menschen einführen; viertens sind einige seltenere und weniger wichtige Anomalien des Fleisches im Stande, die Gesundheit zu beeinträchtigen.

1. Thierische Parasiten des Fleisches.

a) Trichinen (Fig. 81—84). Die Trichinen werden vom Menschen nur im Schweinefleisch genossen.

Sie finden sich in den Muskeln des Schweins in Kapseln (s. Fig. 83, 84) eingeschlossen; diese werden im Magen des Menschen gelöst, die 0·7—1·0 mm langen Würmer werden frei und wachsen im Darm, bis das Männchen 2, das Weibchen 3 mm lang ist. Nach $2^1/_2$ Tagen sind die Darmtrichinen geschlechtsreif, sie begatten sich und 7 Tage nach der Begattung gebiert jedes Weibchen 1000—1300 Embryonen. Nach 5—8 Wochen sterben die Darmtrichinen ab, die Embryonen aber bohren sich durch die Darmwand hindurch und gelangen schliesslich in die Muskelprimitivfasern (Fig. 82). Eine geringe Zahl von Trichinen ruft keine Krankheitssymptome hervor. Die Schwere der Erkrankung richtet sich direct nach der Zahl der eingewanderten Embryonen.

Fig. 81. Eingekapselte und verkalkte Muskeltrichinen, nat. Gr.

Die Trichinen werden beobachtet beim Schwein, bei der Katze, Ratte, Maus, beim Fuchs, Marder u. s. w. Die Schweine acquiriren sie namentlich durch Ratten oder durch Abfälle von trichinösem Schweinefleisch. Künstlich, d. h. durch absichtliche Fütterung von trichinösem

Fig. 82. Wandernde Trichinen. 80:1.

Fig. 83. Eingekapselte Trichine. 80:1.

Fig. 84. Trichine mit verkalkter Kapsel. 80:1.

Fleisch sind sie auch auf Kaninchen, Meerschweinchen, Hunde u. s. w. zu übertragen.

Die mikroskopische Untersuchung auf Trichinen erfolgt dadurch, dass $^1/_4$ cm breite und lange Streifen mit einer auf's Blatt gebogenen Scheere vom rothen Theil des Zwerchfelles, von den Interkostalmuskeln, von den Bauch- und Kehlkopfmuskeln abgetrennt werden. Von jedem Stück werden 6 Präparate angefertigt; die Muskeln werden etwas zerfasert und dann mit Wasser oder verdünnter Kalilauge oder Glycerin befeuchtet; zur Besichtigung genügt 50fache Vergrösserung. — Zur Feststellung, ob die unter dem Mikroskop gesehenen eingekapselten

Trichinen noch lebend und infektionsfähig sind, müssen Fütterungsversuche angestellt werden.

a) Finnen (Fig. 85, 86). Die Finnen stellen ein Entwickelungsstadium der Bandwürmer dar; werden die in Fleisch, Leber u. s. w. angesiedelten Finnen genossen, so geht eventuell aus jeder Finne ein neuer Bandwurm hervor. — Beim Menschen kommt am häufigsten vor Taenia solium.



Fig. 86. Schweinefinne. a Receptaculum. b Dasselbe mit ausgestülptem Kopf. 4:1. c Kopf mit 4 Saugnäpfen u. Hakenkranz. 40:1.

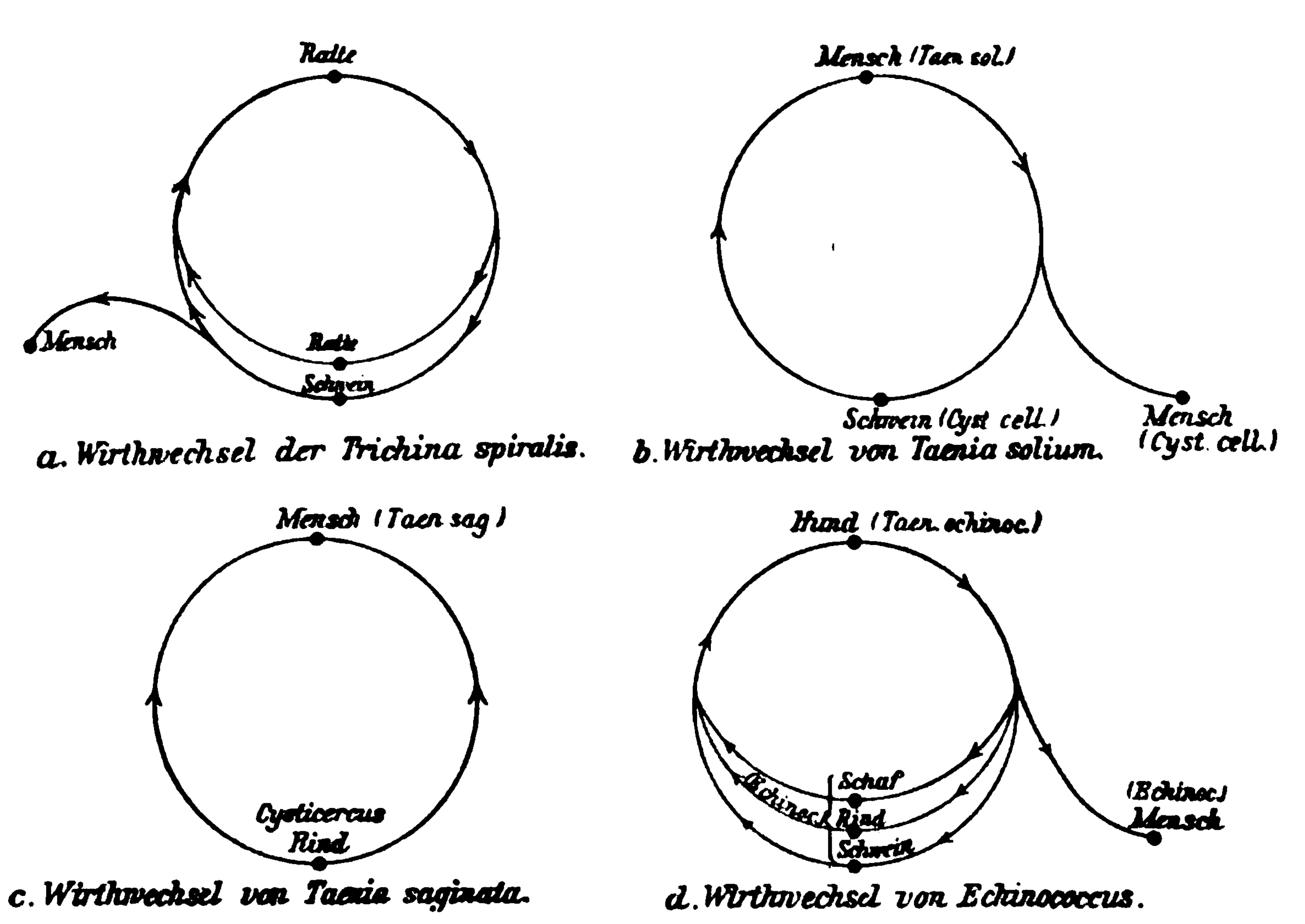
Fig. 85. Finnen im Fleisch, natürl. Gr.

Bandwurm von 2—3 m Länge, dessen Kopf (von der Grösse eines Stecknadelkopfes) mit Saugnäpfchen und doppeltem Hakenkranz versehen ist und am Darm haftet. Derselbe fungirt dann als Amme und aus ihm geht durch Knospung eine Reihe von Gliedern hervor. In jedem Gliede liegen nahe bei einander männliche und weibliche Geschlechtsorgane; in den letzteren entstehen befruchtete Eier, kugelig, allmählich mit dicker Haut umgeben; diese enthalten schon einen fertigen Embryo mit Häkchen. Die Bandwurmglieder und die befruchteten Eier gehen fortgesetzt mit dem Koth ab, gelangen unter die Abfallstoffe, auf den Acker, in Brunnenwasser u. s. w. Von da aus werden sie von Schweinen aufgenommen. Gerathen sie in den Magen junger Schweine (unter 6 Monaten), so wird die Hülle der Eier gelöst, die Embryonen bohren sich durch die Darmwand und wandeln sich innerhalb 2—3 Monaten in irgend einem Organe, mit Vorliebe in dem intermuskulären Bindegewebe des Herzens und der Zunge, in eine Finne um (Cysticercus cellulosae).

Die Finnen erscheinen als mit blossem Auge sichtbare 1—20 mm lange Blasen mit wässerigem Inhalt (Fig. 85). Man unterscheidet an ihnen ein eingestülptes Receptaculum und in diesem den Scolex, den neuen Bandwurmkopf (Fig. 86). Die Kapsel der Finne wird im Magen des Menschen gelöst, der scolex wird frei und setzt sich wieder an der Darmwand fest, einen neuen Bandwurm bildend. Taenia solium haftet nur beim Menschen, die Finne kommt gelegentlich auch bei Hunden, Ratten u. s. w. vor.

Der im Darm parasitirende Bandwurm veranlasst oft ziemlich schwere Verdauungs- und Ernährungsstörungen. Ausserdem aber kann

von den menschlichen Bandwürmern aus die Cysticercenkrankheit des Menschen bewirkt werden dadurch, dass im Menschen selbst Bandwurmeier zu Finnen auswachsen (vgl. Fig. 87). Es müssen dazu Bandwurmeier in den Magen des Menschen gelangen; das kann entweder, in seltenen Fällen, durch antiperistaltische Bewegungen geschehen, sodann durch unbewusste und unabsichtliche Berührungen und Verschleppungen, die durch den bei Bandwurmkranken gewöhnlich bestehenden Juckreiz am After befördert werden; oder aber es können mit Wasser, rohen Gemüsen und allerhand Esswaaren solche Bandwurmeier eingeführt werden, namentlich wenn Diejenigen, welche mit



a. Wirthwechsel der Trichina spiralis. b. Wirthwechsel von Taenia solium. c. Wirthwechsel von Taenia saginata. d. Wirthwechsel von Echinococcus.

Fig. 87. Schematische Darstellung des Wirthwechsels der Fleischparasiten, nach BOLLINGER.

den Esswaaren beschäftigt sind (Verkäufer, Bäckerjungen, Köchinnen), am Bandwurm leiden.

Taenia mediocanellata s. saginata ist ein Bandwurm mit grösseren Gliedern, ohne Hakenkranz, mit 4 Saugnäpfen, der ausschliesslich beim Menschen vorkommt und dessen Finne in den Muskeln (Kaumuskeln, masseter) und inneren Organen des Rindviehs sich entwickelt. Der Mensch acquirirt diesen Bandwurm durch den Genuss finnigen Rindfleisches.

Botriocephalus latus kommt beim Menschen vor als Bandwurm mit kurzen, breiten Gliedern und ovalen Eiern; die Finne soll im Hecht, Lachs und anderen Fischen sich entwickeln.

Taenia echinococcus lebt als Bandwurm im Darm des Hundes, wird nur 4 mm lang; die Eier gelangen mit den Hundeexcrementen auf Weide- und

Futterkräuter und von da in den Magen verschiedener landwirthschaftlicher Nutzthiere. In diesen kommt es zur Bildung des Finnenzustandes in Form der Echinokokken, die sich vorzugsweise in der Leber etabliren. Verfütterung des echinokokkenhaltigen Fleisches an Hunde bewirkt bei diesen die Bandwurmbildung. — Gelegentlich können die Eier auch in den Magen des Menschen gelangen und auch der Mensch ist für die Entwickelung der Finnen geeignet. Bei innigem Zusammenleben mit Hunden gerathen die Eier durch allerhand uncontrollirbare Berührungen in den Mund und Magen des Menschen. Dasselbe kann geschehen durch Vermittelung von Wasser, roh genossenen Gemüsen, z. B. Salat u. dergl., die mit Hundeexrementen verunreinigt waren. Je mehr Hunde gehalten werden und je intimer der Mensch mit ihnen zusammenlebt, um so ausgebreiteter ist die Echinokokkenkrankheit; in Island, wo durchschnittlich auf jeden Menschen 6 Hunde gerechnet werden, leidet etwa $^1/_7$ aller Menschen an Echinokokken.

Ausserdem kommen noch zahlreiche andere Würmer, Gregarinen u. s. w. im Fleisch der Schlachtthiere vor, die aber für den Menschen nicht gerade gefährlich sind. Hervorgehoben sei nur Distoma hepaticum, welches hauptsächlich von Schafen in Form eingekapselter Cercarien in Futterkräutern aufgenommen wird. Die Kapsel der Cercarien wird im Magen verdaut, die freigewordenen Würmchen wandern in die Gallengänge, entwickeln sich zu den sogenannten Leberegeln, und die dort producirten Eier gehen durch die Gallenwege und den Koth ab. Aus ihnen entwickeln sich nach mehrwöchentlichem Aufenthalt im Wasser Embryonen, welche zunächst in Muscheln und Schnecken ihre weitere Entwickelung durchmachen und dann erst die Umwandelung in Cercarien erfahren. Da dieser complicirte Entwickelungsgang eingehalten werden muss, hat der Genuss von Leberegeln keine Ansiedelung der Parasiten im Menschen zur Folge, wohl aber ist die mit Egeln besetzte Leber abnorm fäulnissfähig und ekelerregend und deshalb vom Genuss auszuschliessen.

2. Uebertragbare Krankheiten der Schlachtthiere.

a) Perlsucht, Tuberkulose. Im Schlachthaus in München wurden etwa 2·5 Procent, in Berlin über 4 Procent des geschlachteten Rindviehs tuberkulös gefunden. — Am häufigsten ist die Tuberkulose der serösen Häute; letztere sind mit hellgrauen oder bräunlichen hirsekorn- bis wallnussgrossen „Perlknoten“ besetzt, oft in enormer Ausdehnung, so dass das Gewicht der Neubildungen 20—30 Kilo betragen kann. — Ferner kommen oft käsige pneumonische Herde vor. — Fast stets sind die Lymphdrüsen stark entartet. Das Fleisch ist gewöhnlich fettarm und blass. — Im Muskelfleisch finden sich selten Tuberkelbacillen und jedenfalls ist gut zubereitetes Fleisch unschädlich; doch spricht abgesehen von der Möglichkeit einer Infektion die offenbare Minderwerthigkeit solchen Fleisches für den Ausschluss desselben vom Verkehr.

b) Milzbrand. An den Eingeweiden, der stark vergrösserten Milz und Leber, eventuell unter Zuhülfenahme des Mikroskops leicht

zu erkennen. Im Fleisch findet man zuweilen Hämorrhagien und es zeigt einen widrig-ammoniakalischen Geruch; in anderen Fällen ist durchaus keine Abnormität am Fleisch zu bemerken. — Gefährlich namentlich für die beim Schlachten, Abhäuten, mit dem Zubereiten des Fleisches u. s. w. beschäftigten Menschen.

c) Rotz. Knoten oder diffuse Infiltrationen auf der Schleimhaut der Nase, des Kehlkopfs, der Lunge; stark geschwellte Lymphdrüsen. Gefahr der Uebertragung wie bei Milzbrand.

d) Wuth. Das Fleisch, oft auch die Eingeweide sind ohne gröbere Veränderungen. Die Erkennung der Krankheit erfolgt meist durch die am lebenden Thier hervortretenden Symptome.

e) Eiterungen, Septicämie und Pyämie. Ausser den Localaffektionen zeigen die erkrankten Thiere oft hämorrhagische Gastroenteritis, Ecchymosen auf den serösen Häuten, Milzschwellung u. s. w. Das Fleisch ist vielfach weiss und missfarbig. Derartige Erkrankungen können dem Menschen dadurch gefährlich werden, dass die Erreger in Wunden eindringen und Eiterung resp. Sepsis veranlassen; oder es entstehen sog. Fleischvergiftungen.

f) Die Erreger der Fleischvergiftung. Eine der häufigsten und wichtigsten Gesundheitsschädigungen durch Fleischgenuss sind die Fleischvergiftungen. Symptomatisch und ätiologisch sind zwei Kategorieen zu unterscheiden: 1) Fleischvergiftungen mit vorwiegend oder ausschliesslich gastrischen Symptomen, hervorgerufen durch das Fleisch kranker Thiere und die von diesen stammenden pathogenen Bakterien. Hier ist das Fleisch sofort nach dem Tode des Thieres und in allen seinen Theilen von schädlicher Wirkung. 2) Vergiftungen, bei denen neuroparalytische Zustände in den Vordergrund treten, und die durch postmortale Wucherung gewisser Bakterien in einzelnen Theilen des aufbewahrten Fleisches bedingt sind (Wurstvergiftungen).

Bei der ersten Art von Fleischvergiftung treten dann nach einer gewissen Incubationszeit entzündliche Erscheinungen der Verdauungsorgane in den Vordergrund; die Symptome erinnern entweder an typhöse Erkrankungen, oder in anderen Fällen an Cholera nostras oder an eine mehr chronische Gastroenteritis. Sie verlaufen relativ selten tödtlich; doch verhalten sich in dieser Beziehung die verschiedenen Epidemieen sehr ungleich. Wiederholt konnten aus dem Fleisch der erkrankten Schlachtthiere (meistens Kühe im Puerperium) resp. aus den Organen der nach dem Genuss des Fleisches gestorbenen Menschen mehrere specifische (von einander verschiedene) Bacillen aus der Gruppe der Colibakterien isolirt werden, welche als Erreger der Krankheit

anzusehen waren. — Oft bewirken die von den specifischen Bakterien bereits in dem Fleisch gebildeten Toxine, dass beim Rohgenuss des Fleisches schon wenige Stunden nach der Mahlzeit Krankheitserscheinungen auftreten; später schliesst sich dann die auf Vermehrung der eingeführten Bakterien und der fortgesetzten Toxinproduktion beruhende Infektion an. Auch im gekochten Zustande vermochte solches Fleisch in manchen Endemieen Vergiftungserscheinungen in mässigerem Grade hervorzurufen; nachweislich werden die durch die betreffenden Coliarten producirten Toxine durch Siedhitze zum Theil nicht zerstört. — Ueber die von postmortal befallenem Fleisch ausgehenden Vergiftungen s. S. 304.

g) Actinomycose (s. S. 79). Uebertragung auf den Menschen erfolgt nicht sowohl durch den Genuss des Fleisches, als durch Wunden der mit dem Schlachten u. s. w. Beschäftigten.

h) Maul- und Klauenseuche. Das Fleisch bleibt unverändert und vermag die Krankheit nicht zu übertragen.

i) Pocken kommen nur bei Schafen häufiger vor, sind dann aber auf Menschen nicht übertragbar und können höchstens in Folge von Eiterungen und septischen Processen zur Infektion Anlass geben.

k) Schweinerothlauf. Haut hyperämisch. Bauchfell und Schleimhaut des Ileum entzündet und ecchymosirt; Peyer'sche Plaques geschwollen. Ueber die Erreger s. S. 73.

Schweineseuche, mit vorwiegender Erkrankung der Lunge und Pleura, durch kurze ovale Stäbchen verursacht. — Bei beiden Krankheiten scheint nach einigen Beobachtungen das Fleisch hochgradig afficirter Thiere nicht frei von schädlichem Einfluss auf den Menschen zu sein.

l) Das Fleisch von an Rinderpest und Lungenseuche erkrankten Thieren ist in sehr zahlreichen Fällen ohne Schaden genossen.

3. Postmortale Veränderungen des Fleisches.

Das Fleisch bildet ein vorzügliches Nährsubstrat für Bakterien. Es kann zweifellos gelegentlich auch Infektionserregern zur Ansiedelung dienen, die von erkrankten Menschen aus auf das Fleisch gelangen. Haben die mit dem Fleischverkauf Beschäftigten gleichzeitig mit der Pflege eines an Typhus, Cholera, Diphtherie u. s. w. erkrankten Angehörigen zu thun, so ist die Uebertragung von Keimen in ähnlicher Weise möglich, wie dies S. 268 für die Milch geschildert wurde.

Ausserdem wird das Fleisch regelmässig von saprophytischen Bakterien occupirt, die bei feuchter Oberfläche des Fleisches und bei Temperaturen zwischen 14 und 35° sich rapide vermehren, aber selbst bei 7—15° noch proliferiren und sich weiter ausbreiten. Viele dieser Bakterien sind als unschädlich anzusehen, namentlich wenn das Fleisch

vor dem Genuss gut zubereitet wird. (Hautgoût des Wildes). Verbreitete Fäulnissbakterien vermögen indess auch Toxine, wenngleich in relativ sehr geringer Menge, zu liefern. Durch BRIEGER sind aus zersetztem Fleisch Cadaverin, Putrescin, Neurin, Gadinin u. a. m. als zum Theil giftige Alkaloïde isolirt, die sich gerade bei wenig tiefgreifender Zersetzung zu bilden scheinen.

Von weit erheblicherer Bedeutung ist aber die Ansiedelung und Wucherung gewisser specifischer Bakterien, des Bac. botulinus und vielleicht von Proteusarten im Fleisch. Der Bac. botulinus wächst anaërob und findet günstigste Lebensbedingungen im Inneren von Würsten, Pasteten, auch Schinken u. s. w. Aus seinen Kulturen haben VAN ERMENGEM, BRIEGER und KEMPNER ein specifisches Toxin isolirt, welches in typischer Weise die Symptome des „Botulismus“ (Wurstvergiftung) hervorruft, wie sie vielfach nach dem Genuss gefaulten Fleisches beobachtet sind. Diese Symptome bestehen — oft nach vorübergehendem Erbrechen — in Lähmungen der Muskeln des Auges, des Schlundes, der Zunge und des Kehlkopfs und in Folge dessen in Erweiterung der Pupille, Ptosis, Accommodations- und Motilitätsstörungen des Auges, erschwertem Sprechen und Schlingen, Stuhl- und Urinverhaltung; zuweilen tritt unter den Erscheinungen der Bulbärparalyse der Tod ein.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit derartiger die Gesundheit schwer bedrohender Intoxicationen und mit Rücksicht auf das instinktive Ekelgefühl des normalen Menschen gegen übelriechendes und missfarbenes Fleisch, ist jede verdorbene Waare vom Verkauf auszuschliessen.

Als abnorm ist das Fleisch anzusehen, wenn es keine frischrothe, sondern braune oder grünliche oder auffällige blasse Farbe hat; wenn auf Druck reichlicher, missfarbiger, alkalisch reagirender Saft hervorquillt; wenn das Fett nicht fest und derb, sondern weich und gallertig ist; wenn das Mark der Hinterschenkel nicht fest und rosafarben, sondern mehr flüssig und bräunlich erscheint. Ist das Fleisch oberflächlich mit Lösung von Kaliumpermanganat oder mit sog. Conservesalz (s. unten) behandelt und dadurch der Geruch zeitweise beseitigt, so lässt sich derselbe dennoch constatiren, indem man ein in heisses Wasser getauchtes Messer in das Fleisch einsticht und rasch wieder hervorzieht. — Mikroskopisch zeigt verdorbenes Fleisch verschwommene Querstreifen der Muskelfasern und ausserdem zahlreiche Bakterien.

Ausserordentlich verbreitet ist im Fleischhandel die Sitte, dem Fleisch, besonders dem Hackfleische die frische, rothe Farbe länger zu erhalten durch Beimengen von Conservesalz, das theils aus Natriumsulfit, theils aus Natriumsulfat besteht. Auf 1 Kilo Hackfleisch werden gewöhnlich 10 g des Salzes zugesetzt. Seit nachgewiesen ist, dass nach der Verfütterung von schwefligsauren Salzen bei den Versuchsthieren Entzündungen und

Hämorrhagieen in verschiedenen Organen, namentlich Nephritiden, auftreten, ist die Verwendung eines derartigen Salzes zweifellos als gesundheitschädlich zu beanstanden. Ausserdem wird durch die künstliche Rothfärbung eine minderwerthige Beschaffenheit des Fleisches nur verschleiert. Mit Recht sind daher neuerdings derartige Zusätze verboten.

4. Seltenere Anomalien des Fleisches.

Bei einigen Thieren scheint es unter Umständen während des Lebens zu einer Anhäufung giftiger Stoffwechselprodukte, vorzugsweise in der Leber, zu kommen. Es wird dies von manchen Fischen, Austern u. s. w. behauptet; ferner sind die mehrfach nach dem Genuss von Miesmuscheln beobachteten Erkrankungen auf ein hauptsächlich in der Leber derselben zeitweise angesammeltes Gift, das Mytilotoxin, zurückgeführt.

Giftige Arzneimittel, wie Arsenik, sind wohl zuweilen im Fleisch der damit behandelten Schlachtthiere nachgewiesen, aber in solchen Spuren, dass kaum eine Gefahr für die menschliche Gesundheit resultiren kann.

Als entschieden minderwerthig ist das Fleisch junger Kälber anzusehen; bis zum 10. Tage liefern sie ein sehr blasses, graues, fettarmes Fleisch mit wässerigem, welkem Bindegewebe. Zwischen der 2. und 5. Lebenswoche ist es am besten zum Verkauf geeignet.

Von unangenehmem Beigeschmack und Geruch und deshalb verwerflich ist das Fleisch von männlichen Zuchtthieren, von abgehetztem und an Erschöpfung verendetem Vieh.

Sehr verbreitet ist die Unterschiebung von Pferdefleisch an Stelle von Rindfleisch, namentlich in Hackfleisch, Würsten u. s. w. Vom hygienischen Standpunkt ist dies kaum zu beanstanden, wohl aber wird der Käufer finanziell geschädigt. Die Erkennung von Pferdefleisch stiess bisher auf grosse Schwierigkeiten; jetzt ist sie leicht ausführbar durch das Serum von mit Pferdefleischinfus vorbehandelten Kaninchen, das im wässrigen Auszug aus Fleisch oder Wurst, denen Pferdefleisch beigemengt war, bei 40° binnen 4 Minuten eine deutliche Trübung hervorruft (Uhlenhuth, Nötel).

Gegen die geschilderten Gefahren des Fleischgenusses stehen uns eine Reihe von wirkungsvollen Maassregeln zu Gebote, welche theils die Haltung der Schlachtthiere während des Lebens betreffen, theils in einer Fleischschau während des Schlachtens, sodann in zweckentsprechender Aufbewahrung des Fleisches und in der Zubereitung desselben vor dem Genuss bestehen.

1. Vorsichtsmaassregeln bei der Viehhaltung.

Die Continuität des Wirthswechsels thierischer Parasiten der Schlachtthiere (vgl. Fig. 87) kann unterbrochen und damit die Gefahr der Weiterverbreitung grossentheils vermieden werden durch reinliche Haltung der Ställe und reinliche Fütterung. Giebt man den Schweinen keine Gelegenheit, durch Ratten oder trichinöses Schweinefleisch Trichinen zu acquiriren, hält man namentlich die Schweineställe dicht und gegen ein Eindringen von Ratten geschützt, so ist eine Verbreitung der Trichinose unmöglich. — Beseitigungen der menschlichen Dejectionen und Fernhalten derselben von den Schweinen resp. vom Rindvieh schützt gegen die Entwickelung der Finnen von Taenia solium und T. mediocanellata und somit gegen die Weiterverbreitung dieser Bandwürmer. — Einschränkung der Zahl der Hunde und Verhinderung des Zusammenlebens derselben mit den Schlachtthieren kann die Fälle von Taenia echinococcus wesentlich verringern. Daneben ist möglichste Vernichtung alles echinokokkenhaltigen Fleisches und grösste Vorsicht im Verkehr der Menschen mit Hunden indicirt.

Der Verbreitung der Zoonosen (Milzbrand, Rotz, Wuth u. s. w.) ist durch Seuchengesetze, speciell durch Anzeigepflicht, Sperren und Desinfektionsmaassregeln wirksam vorzubeugen.

Welch bedeutenden Einfluss die Art der Viehhaltung auf das Vorkommen von Parasiten beim Schlachtvieh hat, geht z. B. aus einem Vergleich der in den Regierungsbezirk Posen und Hildesheim im Durchschnitt von 7 Jahren gefundenen finnigen und trichinösen Schweinen hervor:

	Posen	Hildesheim	
Es gelangten jährlich zur Untersuchung . .	75000	130000	Schweine
Davon waren finnig	253	47	„
also pro Mille	3·4	0·36	„
Trichinös wurden gefunden	381	7	„
also pro Mille	5·1	0·05	„

2. Fleischbeschau.

Da pathologische Veränderungen an den Muskeln nur sehr selten, dagegen fast regelmässig an den Eingeweiden auftreten, so ist eine Fleischbeschau nur während des Schlachtens durch Begutachtung der inneren Organe möglich. Diese Controle ist aber wiederum nur durchführbar, wenn nicht etwa zahlreiche Privatschlächtereien bestehen, sondern wenn das Schlachten ausschliesslich an einer Centralstelle, in einem städtischen Schlachthaus geschieht. Sobald ein solches eingerichtet ist, steht den Communen nach dem Gesetz von 1868 das Recht zu, Privat-Schlachtstätten zu verbieten.

In den grossen Städten sind die Schlachthäuser gewöhnlich mit dem Viehhof, mit Schienengleis nach dem Bahnhof, mit einem Börsengebäude, Markthallen, ausgedehnten Stallungen u. s. w. verbunden (s. Fig. 88). Auf dem eigentlichen Schlachthof befinden sich: 1) das Polizeischlachthaus und Observationshaus für verdächtiges Vieh. Daselbst befinden sich auch Räume für das confiscirte Fleisch und für dessen Vernichtung. Daneben Talgschmelze, Fellsalzerei, Düngerstätte u. s. w. 2) Rinderschlachthallen. Entweder sind dieselben nach dem Zellensystem eingerichtet; von einer Mittelhalle, welche als Vorplatz zum Aushängen des Fleisches dient, gehen dann nach rechts und links kleine Abtheilungen, welche von je einem oder mehreren Fleischern benutzt werden; oder es bestehen gemeinsame Schlachthallen, die nur durch Pfeiler unterbrochen sind (Fig. 89), und dieses System verdient vom hygienischen Standpunkt den Vorzug, weil dann die Beaufsichtigung leichter und in Folge der gegenseitigen Controle der Fleischer gleichmässiger ist. 3) Schweineschlachthallen mit 3 Abtheilungen, dem Abstechraum, dem Brühraum, in welchem die getödteten Thiere abgebrüht werden, und der eigentlichen Schlachthalle. 4) Die Kühlhallen zur Aufbewahrung des geschlachteten Fleisches. 5) Eine besondere Pferdeschlächterei. 6) Wohnung für den Director, Untersuchungszimmer für die Fleischbeschauer u. s. w.

Der Director ist Thierarzt und hat sachverständige Gehilfen. Das zugeführte Vieh kommt zunächst in die Stallungen, muss dort ruhen und wird zunächst im lebenden Zustande untersucht. Wird es nicht beanstandet, so kann es geschlachtet werden. Die dabei angewandten Methoden bestehen entweder in Betäubung und Schnitt durch Trachea und Carotiden, oder Genickstich; oder Betäubung und Einblasen von Luft durch eine Troïkar in die Pleurahöhle; oder Schlag mit der Buterolle, einem Hohleisen, welches mit einem Hammer verbunden resp. in eine Art Maske eingeschlossen ist und dem Thiere in's Gehirn getrieben wird; oder durch die sogenannten Schussmasken. Alle die letztgenannten Methoden sind ungünstig, weil dabei das Blut im Fleisch bleibt und dadurch leicht ein Verderben und ein Missfarbigwerden des Fleisches hervorgerufen wird. Dass der Nährwerth des Fleisches durch das darin bleibende Blut wesentlich erhöht werde, ist unrichtig. — Nach dem Oeffnen des Thieres werden die Eingeweide begutachtet und eventuell werden die Proben entnommen zur Untersuchung auf Trichinen (s. S. 298).

Wird das Thier gesund gefunden, so wird es weiter zerlegt, das Fleisch gestempelt und zum Verkauf freigegeben. Fleisch von kranken Thieren kommt in's Observationshaus und wird gewöhnlich vernichtet; dies geschieht namentlich, wenn die Thiere an Milzbrand, Rotz, Wuth, verbreiteter Perlsucht, Sepsis und Eiterungen, Trichinen, viel Finnen und Aktinomyces erkrankt waren. Ferner gehört hierher die mit Echinokokken oder Distoma behaftete Leber. Die Vernichtung geschieht durch Verbrennen oder in der Talgschmelze, oder gewöhnlich im PODEWILS'schen Apparat (s. Kap. VIII). Bei leichteren Erkrankungen, z. B. nicht zu ausgebreiteter Tuberculose, bei mässiger Menge von Finnen, bei unreifen Kälbern, bei krepirten oder abgehetzten Thieren, bei Lungenseuche, Rothlauf wird das Fleisch gewöhnlich nicht vernichtet, sondern auf

Fig. 88. Schlacht- und Viehhof in Breslau.

I. Schlachthof.

A Polizei-Schlachthof:
1 Entladeraum,
2 u. 3 Ställe,
4 Schlachthaus,
5 Desinfection.
B Fellsalzerei.
C Talgschmelze.
D Düngerhaus.
E Rossschlächterei.
F Ueberständerhof.
G Schlachthallen:
1 für Grossvieh,
2 für Kleinvieh,
3 für Schweine,
4 Stall für Grossvieh,
5 Kuttelei
6 Stall für Kleinvieh.
H Kühlraum:
1 Maschinenraum,
2 Vorkühlraum,
3 Grosser Kühlraum.
J Noth-Stall.
K Desinf. u. Steuerhaus.
L Pförtnerhaus.
M Inspektorhaus.
N Verwaltungshaus.
O Beamtenwohnung.
P Freibank.

II. Viehmarkt.

A Börse.
B Pferdeausspannst.
C Laderampe.
D Lokomotive.
E Stallung für:
1 Grossvieh,
2 Kleinvieh,
3 Schweine.
4 Streuschuppen.
F Markthallen:
1 für Grossvieh,
2 für Schweine,
3 für Kälber u. Hammel.
4 Laderampe,
5 Schweinewäsche.
G Desinfektions-Anstalt.

dem Schlachthof selbst als minderwerthig verkauft, am besten, nachdem es vorher in einem Dampfsterilisator, der mit $^1/_2$ Atmosphäre Ueberdruck arbeitet (Hartmann, Rohrbeck u. A.) gekocht ist. Doch weichen in dieser Beziehung die örtlichen Bestimmungen sehr von einander ab. — Das finnige Fleisch ist nach zahlreichen Versuchen nicht mehr gefährlich, wenn es 4—6 Wochen im Kühlraum gehalten ist. Nach so langer Aufbewahrung, die in Schlachthäusern mit modernen Kühlhallen auf keine Schwierigkeiten stösst, kann es auch im rohen Zustande verkauft werden.

Ein besonderer Vortheil der Schlachthäuser liegt noch darin, dass das Fleisch daselbst möglichst reinlich behandelt, und dass somit der späteren Zersetzung energisch vorgebeugt wird.

Der Fussboden der Schlachthalle ist aus gerillten Fliesen hergestellt und mit solcher Neigung und mit Rinnsalen versehen, dass Verunreinigungen leicht abgeschwemmt werden können. Ueberall steht reichlich Wasser zur Disposition, ebenso ist für gute Lüftung gesorgt. Von den Abfällen, die in ungeheurer Masse geliefert werden, werden die flüssigen abgeschwemmt, wobei die festen Partikel durch Siebeimer zurückgehalten werden; der Dünger und Kehricht wird abgeholt und als werthvolles Düngemittel verwandt; im Uebrigen unbrauchbare Fleischabfälle werden gewöhnlich zur Schweinemast benutzt.

3. Aufbewahrung des Fleisches nach dem Schlachten.

Ein sofortiger Genuss des frisch geschlachteten alkalisch reagirenden

Fleisches ist zu widerrathen, weil dasselbe zäh ist und einen faden, widerlich süssen Geschmack hat. Erst wenn das Fleisch 2—3 Tage aufbewahrt war, wird durch die sich bildende Säure das intrafibrilläre Bindegewebe und das Sarkolemm gelockert, und gleichzeitig entwickeln sich kräftige und angenehme Geschmacksreize. Es fragt sich, wie diese Aufbewahrung des Fleisches vor sich gehen soll, ohne dass Saprophyten, Infektionserreger oder üble Gerüche in das Fleisch eindringen.

Fig. 89. Schlachthalle für Kleinvieh.

Vielfach wird das Fleisch im **Eisschrank** aufbewahrt; es ist dies jedoch eine unzulängliche Methode. Bei der Temperatur des Eisschrankes (7—12°) hört das Bakterienwachsthum durchaus nicht auf; dazu kommt, das sich im Eisschrank fortwährend Wasserdampf aus der Luft condensirt und die Oberfläche des Fleisches allmählich sehr stark durchfeuchtet wird. Gerade diese weiche Oberfläche bietet dann den Bakterien einen vorzüglichen Nährboden. Auch der Geschmack des im Eisschrank gehaltenen Fleisches leidet erheblich.

Ein weit richtigeres Verfahren besteht darin, dass man das Fleisch in bewegter Luft **abhängen** lässt, so dass die Oberfläche eintrocknet.

Es ist dann den Bakterien nicht möglich, in der oberflächlichen Schicht zu wuchern und von da in die Tiefe zu dringen. Ein solches Abhängen gelingt eben in den **Kühlhallen** der Schlachthäuser.

In LINDE'schen Eismaschinen wird durch einen **Compressor** Ammoniak (oder Luft) comprimirt, die dabei entstehende Wärme durch Kühlung mit Wasser beseitigt; das gekühlte comprimirte Ammoniak lässt man durch ein Ventil in den **Refrigerator** ausströmen, d. h. in Röhren, welche ein Gefäss mit Salz-(Chlorcalcium-)Lösung durchziehen; durch die plötzliche Expansion des Gases erfolgt intensive Abkühlung der Salzlösung. Das Ammoniakgas gelangt darauf wieder in den Compressor und beginnt seinen Kreislauf auf's Neue.

Die im Refrigerator unter 0° abgekühlte Salzlösung wird zu einem Behälter, dem **Luftkühler**, geleitet, in welchem sie über eine grosse Oberfläche

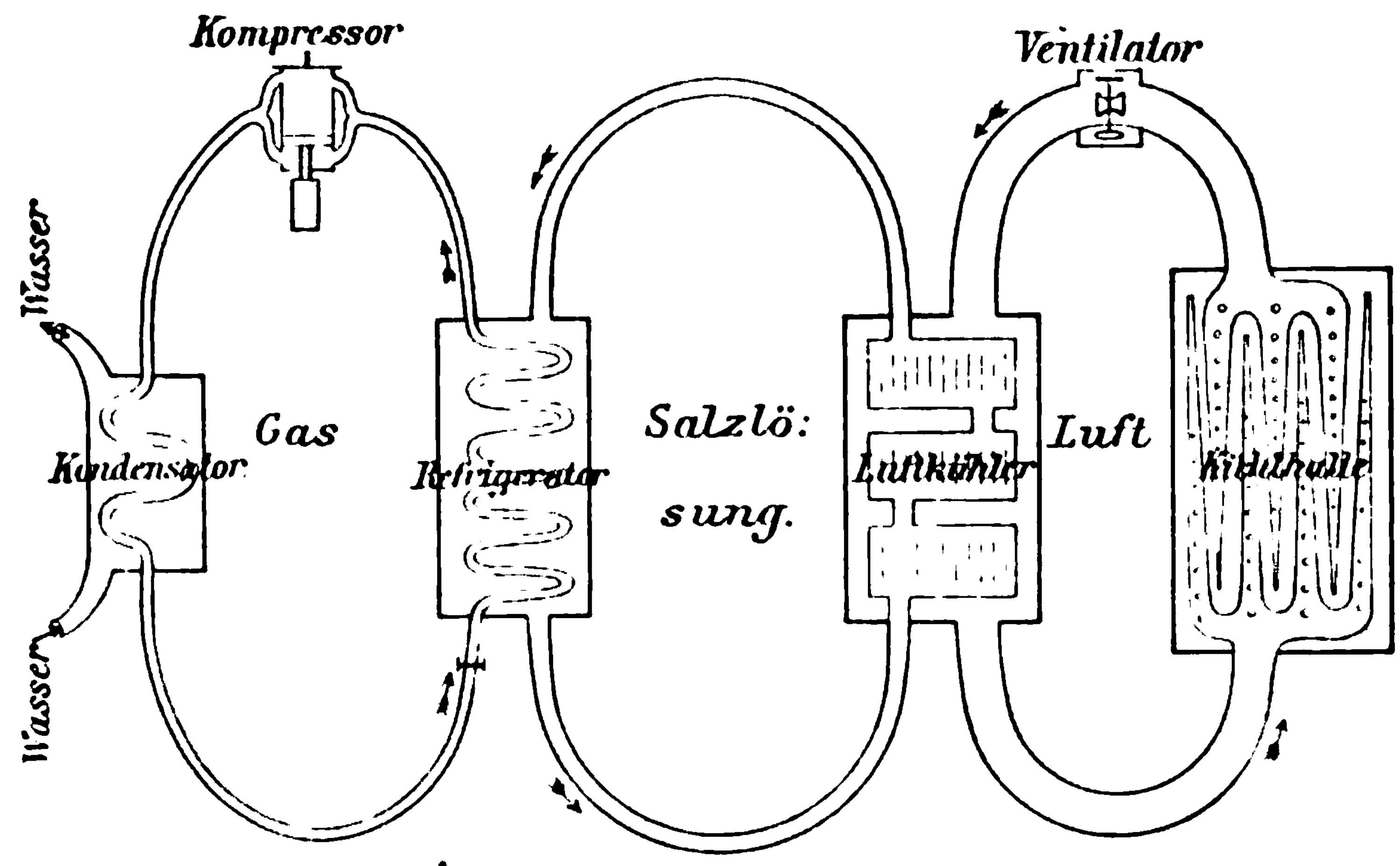


Fig. 90. Kühlanlage.

(rotirende poröse Scheiben) strömt; dort tritt Luft, die mittelst Ventilators eingetrieben wird, in innige Berührung mit der kalten Salzlösung. Letztere fliesst, nachdem sie ihre Kälte an die Luft abgegeben hat, wieder zum Refrigerator zurück.

Die **gekühlte Luft** tritt durch Rohre unter der Decke des Kühlraums aus, senkt sich nach abwärts, erwärmt sich allmählich, bekommt dadurch ein grösseres Sättigungsdeficit und austrocknende Wirkung auf die Oberfläche des aufgehängten Fleisches, steigt bei weiterer Erwärmung allmählich nach oben, und wird von an der Decke gelegenen Rohren, deren Oeffnungen nach oben gekehrt sind, aufgenommen und wieder dem Luftkühler zugeführt.

Im Uebrigen ist bei der Aufbewahrung des Fleisches und in den Fleischerläden selbstverständlich die grösste **Reinlichkeit** nothwendig; jede engere Verbindung der Verkaufslocale mit Wohn- und Schlafräumen ist zu verbieten. In Fällen von infektiösen Krankheiten innerhalb der Familie des Fleischers ist ähnliche Sorgsamkeit nothwendig, wie bezüglich der Milchwirthschaften gefordert wurde (s. S. 274).

4. Zubereitung des Fleisches.

In Anbetracht der zahlreichen Gefahren, welche mit dem Genuss des rohen Fleisches verbunden sein können, sollte das Fleisch **niemals** im rohen Zustande genossen werden, auch dann nicht, wenn eine geordnete Fleischschau besteht. Einzelne Finnen werden z. B. sehr leicht übersehen, aber selbst eine einzige genügt, um einen Bandwurm hervorzurufen; ebenso ist es nicht möglich, die Trichinenschau überall in hinreichend zuverlässiger Weise durchzuführen. — Soll ausnahmsweise einmal rohes Fleisch genossen werden, so ist es wenigstens aus bekannter Quelle im ganzen Stück zu beziehen, dann genau auf Finnen zu untersuchen und darauf erst zu zerkleinern. Das rohe Fleisch besitzt keinen höheren Nährwerth und ist nicht leichter verdaulich als das präparirte. Für gewöhnlich soll daher Kochen oder Braten des Fleisches oder aber zuverlässiges Conserviren desselben dem Genusse vorausgehen.

a) Kochen und Braten.

Durch mässige Hitze werden die Parasiten fast ausnahmlos zerstört. Trichinen sterben bei 65° ab, Finnen bei 52°, die meisten Contagien bei einer Hitze von 60—65°, die etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde einwirkt. Nur manche Toxine bleiben auch nach Einwirkung höherer Temperaturen unzersetzt. — In gut gekochtem und gebratenem Fleisch steigt selbst im Innern die Temperatur regelmässig auf 60—70°, die also zur Tödtung der Parasiten ausreichen. Allerdings dringt die Hitze in grössere Stücke nur langsam ein; beispielsweise zeigt ein Stück Fleisch von $3^1/_2$ Pfund in kochendem Wasser erst nach $1^1/_2$ Stunden eine Temperatur von 62° im Innern. Halb gar gebratenes Fleisch, aus welchem beim Schneiden nur mühsam trüber Saft hervorquillt, und bei welchem also noch keine Gerinnung des Myosins stattgefunden hat, bietet natürlich auch keine Garantie gegen Parasiten.

Das Fleisch wird durch das Kochen und Braten nur in geringem Grade verändert. Beim Kochen wird es in 2 Theile zerlegt, das Eiweiss gerinnt, es wird Flüssigkeit ausgepresst und es entsteht so 1) die Brühe. Diese enthält sehr wenig feste Substanzen, nur $2^1/_2$—$3^1/_2$ Procent, von welchen über die Hälfte anorganische Salze sind. Die werthvollen Bestandtheile, insbesondere die Eiweissstoffe, Myosin, der Blutfarbstoff bleiben ganz im Fleisch und nur unwägbare Spuren von Albumin gehen in die Brühe über, gerinnen dort durch die Hitze und werden mit dem hauptsächlich aus Fett bestehenden sogenannten Schaum abgeschöpft. Bei Knochenzuthat löst sich in der Brühe noch etwas Leim, von 1 kg etwa 20 g. Jedenfalls bekommen wir in der Brühe immer nur

eine ausserordentlich kleine Menge von Nährstoffen, so dass sie lediglich als Genussmittel angesehen werden kann. 2) Das gekochte Fleisch. Dasselbe hat viel Wasser und Extractivstoffe, aber nur eine sehr geringe Menge Nährstoffe verloren. 100 Theile frisches Fleisch geben 57 Theile gekochtes. Wird das Fleisch zunächst mit Wasser ausgelaugt und dann erhitzt, so wird es hart, zäh und geschmacklos aber durch feines Zerkleinern, Hacken und Schaben ist es gleichwohl verdaulich und nahrhaft zu machen. Besser von Geschmack bleibt es, wenn man grosse Stücke gleich in siedendes Wasser einbringt. Es bildet sich dann an der äusseren Fläche eine Hülle von geronnenem Eiweiss, welche das Innere vor weiterer Auslaugung schützt. Die Brühe wird in diesem Falle weniger schmackhaft, ist aber leicht durch Extract aufzubessern. — Gebratenes Fleisch hat etwa die gleiche Concentration wie gekochtes, 100 Theile frisch entsprechen 56 Theile Braten; im Uebrigen hat es seine Beschaffenheit wenig verändert. Sehr bald bildet sich auf der Oberfläche eine undurchlässige Kruste, so dass das Innere saftig bleibt. Das Bindegewebe wird in Leim verwandelt, das Myosin gerinnt; das Fleisch wird dadurch leichter verdaulich als in rohem Zustande; die brenzlichen Röstproducte geben ausserdem einen angenehmen Geschmacksreiz. Mit der Sauce zusammengenossen, welche viel Fett und namentlich freie Fettsäuren enthält, wird es von empfindlichen Menschen schlecht ertragen; dagegen ist es im kalten, feingeschnittenem oder geschabtem Zustande ausserordentlich leicht verdaulich.

b) Conservirungsmethoden.

Wegen der schlechten Haltbarkeit des Fleisches sind seit Jahren viele Versuche zur Conservirung desselben gemacht. Zum Theil verwendet man Mittel, welche die Fäulnisserreger tödten. Diese tödten dann zugleich auch die Contagien, Finnen und Trichinen, und solche Conserven sind ohne weitere Zubereitung geniessbar und vom hygienischen Standpunkt in keiner Weise zu beanstanden. Andere Mittel bewirken nur eine gewisse Hemmung der Bakterien und verhindern lediglich eine so starke Wucherung, dass Fäulnisserscheinungen auftreten. In diesem Falle bleiben die etwa vorhandenen pathogenen Bakterien und Parasiten eventuell lebendig und die Conserven bedürfen dann der besonderen Zubereitung vor dem Genuss. — Alle Conservirungsmethoden dürfen keine giftigen Stoffe in das Fleisch hineinbringen und dürfen den Nährwerth und den Geschmack des Fleisches nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise in Betracht kommen folgende Methoden:

1) Kälte. Dieselbe wirkt entwickelungshemmend, tödtet aber nur wenig Bakterien (s. S. 51). Trotzdem hat man auch die Kälte zu einer längeren

Conservirung des Fleisches zu verwenden und namentlich die grossen Fleischvorräthe Südamerikas und Australiens in Eispackung auf den europäischen Markt zu bringen versucht. Das Fleisch geht aber, sobald es aus der Eispackung herauskommt, in so ausserordentlich schneller Weise in Fäulniss über, dass ein Verkauf in vielen Fällen unmöglich wird. — Bessere Resultate sind in der Neuzeit erzielt mit Anwendung von Kaltluftkammern, die wie die Kühlräume der Schlachthäuser eingerichtet sind.

2) Wasserentziehung. Eine rasche Eintrocknung der Oberfläche verhindert für lange Zeit den Eintritt der Fäulniss. Von diesem Mittel wird z. B. an allen Orten ausgiebiger Gebrauch gemacht, wo eine lebhafte Windbewegung und eventuell ein niederer Luftdruck die Wasserverdunstung begünstigt, z. B. auf hohen Bergen. In Südamerika benutzt man seit langer Zeit die Sonnenwärme zum Austrocknen des Fleisches. Das Fleisch von mageren, abgetriebenen Thieren wird in Streifen geschnitten der Sonne ausgesetzt; da es aber dadurch nicht gelingt, die letzten Mengen von Wasser fortzubringen, muss dass Fleisch noch mit Kochsalz und Borsäure eingerieben werden, um vollkommen haltbar zu werden. In dieser Form kommt es als Tassajo oder Charque in den Handel, ist aber für den Menschen kaum geniessbar. — Ein besseres Fabrikat wurde früher unter Anwendung von heisser Luft hergestellt, die sogenannte Carne pura. Auch dabei war indess ein gewisser Kochsalzzusatz zur völligen Conservirung des Präparates nöthig. Das getrocknete Fleisch kam in pulverförmigen Zustande in den Handel (vgl. S. 259).

3) Salzen, Pökeln. Imprägnirt man das Fleisch mit einer 8—12 procentigen Salzlösung (meist unter Zusatz von etwas Salpeter) oder legt man das Fleisch trocken in ein Salz-Salpetergemenge, so wird ein grosser Theil der Bakterien getödtet und alle werden an der Wucherung verhindert. Dies Verfahren wird bei Rind- und Schweinefleisch und bei Fischen (Häring, Lachs, Sardellen) angewendet. Der Nährwerth wird etwas verringert, die Verdaulichkeit scheint nicht zu leiden.

4) Räuchern. Das Fleisch wird in einer Räucherkammer dem abgekühlten Rauch von Buchen- oder Eichenholz, eventuell auch Wachholdersträuchern, ausgesetzt. Daneben findet ein starker Luftzug und durch diesen ziemlich erhebliche Austrocknung statt; oft werden die Fleischwaaren vorher stark mit Salz imprägnirt. — In neuerer Zeit hat man ausserdem eine sogenannte Kunst- oder Schnellräucherung eingeführt, welche nur im Eintauchen des Fleisches in eine Mischung von Wasser, Holzessig und Wachholderöl besteht. Bei dem letzteren Verfahren werden die Contagien und Parasiten durchaus nicht vollständig getödtet. Dagegen sind in den langsam in Räucherkammern geräucherten und stark ausgetrockneten Fleischwaaren gewöhnlich keinerlei lebende Parasiten mehr enthalten. Finnen haben überhaupt eine kurze Lebensdauer (nur 4 bis 5 Wochen), werden also in solchen Conserven niemals gefunden. — Die verbreitetsten Conserven, Schinken und Würste, sind seit Einführung der Schnellräucherung nicht ohne Bedenken zu geniessen, sobald man über ihre Herkunft und die Art ihrer Herstellung nicht unterrichtet ist. Zu Würsten werden ausserdem erfahrungsgemäss alle möglichen Fleischabfälle, die sich anderweit nicht verwerthen lassen, verbraucht. Sehr oft tritt in denselben nachträgliche Fäulniss ein, namentlich im Inneren voluminoser Präparate, wo die Hitze resp. der Rauch nicht ordentlich eingedrungen ist. Daher die Gefahr der Wurstvergiftung, welche bereits S. 301 näher geschildert wurde.

5) Chemikalien wie Borsäure, Salicylsäure werden nur ausnahmsweise zur Conservirung des Fleisches verwendet, zumal beide sich nicht völlig indifferent gegen den menschlichen Organismus verhalten. Neuerdings werden auch Kohlensäure und Formalin zu Conservirungsversuchen benutzt.

6) Erhitzen in bakteriendicht verschlossenen Gefässen. Schon Uebergiessen des Fleisches mit heissem Fett führt zu einer langen Conservirung desselben; die anhaftenden Bakterien werden dabei getödtet, der Zutritt neuer Bakterien durch die Fetthülle verhindert. In solchem Zustande kann sogar Fleisch über See transportirt werden. — Am vollkommensten geschieht die Conservirung in Blechbüchsen (Appert'sches Verfahren). In denselben wird das Fleisch zunächst erhitzt, dann werden die Büchsen zugelöthet und die Erhitzung noch eine Zeit lang fortgesetzt. Dabei werden alle Bakterien und alle Contagien sicher getödtet. — In Handel kommen z. B. aus Amerika Zungen, das Corned Beef u. s. w. (In Deutschland zur Zeit ausgeschlossen.) Letzteres steht den heimischen Präparaten dadurch nach, dass in Folge des langen Kochens das Bindegewebe gelatinös geworden ist und dass dadurch die zähe Faserung des Fleisches stärker hervortritt. Ausserdem stammt das Fleisch fast niemals von Mastthieren, sondern meist von abgetriebenem Vieh. Von den Löthstellen der Büchsen aus kann eine Bleivergiftung erfolgen.

7) Seit langen Jahren werden die zahllosen Rinderheerden Südamerikas auch dazu verwerthet, aus dem Fleisch derselben Fleischextract herzustellen. Zu dem Zwecke wird das zerhackte magere Fleisch mit Wasser gekocht, das Albumin und Fett abgeschöpft, die Brühe eingedampft bis zur dicken Syrupconsistenz. Ein Rind liefert etwa 5 kg Fleischextract. Ausserdem werden die Schlachtabfälle zu einem Dungmittel, dem Fleischknochenmehl, verarbeitet. Das ausgekochte Fleisch wird zermahlen, mit Kochsalz und Kaliumphosphat versetzt und als Fleischfuttermehl für Schweine verkauft. — Der Fleischextract enthält 17 Procent Wasser, 20 Procent Salze, 63 Procent organische Stoffe, die grösstentheils aus Extractivstoffen, zu etwa 20 Procent aus löslichem Eiweiss bestehen. Der Fleischextract ist daher ein Genuss- und Reizmittel mit nur sehr geringem Nähreffect. Auch die neueren, im flüssigen Zustande unter Zusatz von viel Kochsalz präparirten Fleischextracte (Cibils, Maggi u. s. w.) sind nicht sowohl Nähr- als vielmehr Genussmittel (s. unten).

Im Folgenden sei noch besonders auf einige möglichst leicht verdauliche Fleischpräparate für Kranke und Reconvalescenten hingewiesen. — Vielfach hat man versucht, flüssige oder breiartige Präparate aus dem Fleische zu gewinnen. In dieser Absicht ist z. B. hergestellt:

Extractum carnis frigide paratum (Liebig); früher officinell. Fein zerhacktes Fleisch wird mit 1 p. m. Salzsäure $^1/_2$—1 Stunde macerirt, die röthliche Brühe decantirt. Es geht Syntonin in Lösung; Kochsalz darf nicht zugesetzt werden, da sonst Fällung eintreten würde. Enthält 2·4 Procent feste Bestandtheile, 1·3 Procent Eiweiss; in einer Tasse also kaum 3 g Eiweiss, daher nicht nährend.

Beef tea. 300 g fettfreies Fleisch in kleine Würfel geschnitten, ohne jeden Zusatz in einer weithalsigen Flasche mit lose aufgesetztem Kork in

warmes Wasser gestellt, letzteres langsam erhitzt und 20 Minuten im Sieden gehalten. Die abgegossene gelbe Brühe (ca. 100 ccm) enthält: 7·3 feste Bestandtheile; darin 5·5 organisch, 1·8 g Eiweiss, Pepton und Leim. — Als Nährmittel ungeeignet, aber von kräftigem Geschmack und bei Zugabe von nährenden Präparaten zu empfehlen.

Succus carnis. Das fein zerhackte Fleisch wird in Lagen von je 250 g durch grobe Leinwand getrennt unter eine Fleischpresse gebracht. 1 Kilo Fleisch liefert 230 g Saft, welcher 6 Procent Eiweiss, in einer Tasse also 12—14 g enthält. Vor dem Genuss ist der Saft auf 40° zu erwärmen und reichlich mit Salz und Gewürz (Fleischextract) zu versetzen. Bei höherer Temperatur würden die Eiweissstoffe coaguliren. — Das Präparat leistet eine nicht unerhebliche Eiweisszufuhr, aber für sehr hohen Preis, und ist von unangenehmen Geschmack.

Zahlreiche Versuche gehen ferner darauf aus, das Eiweiss des Fleisches zu peptonisiren. Bei der Magenverdauung und bei der künstlichen Verdauung entstehen bekanntlich zunächst vorwiegend Albumosen, sehr leicht lösliche und verdauliche, durch Salpetersäure noch fällbare Vorstufen der Peptone; erst späterhin überwiegen die nicht mehr fällbaren Peptone. Auf die Albumosen ist es bei Herstellung der Peptonpräparate in erster Linie abgesehen; dieselben haben nur faden, nicht unangenehmen Geschmack, während die Peptone wegen ihres bitteren, brenzlichen und adstringirenden Geschmackes durchaus nicht für Ernährungszwecke geeignet sind. — Präparate von Liebig-Kemmerich mit circa 35 Procent Albumosen, Extractconsistenz. Somatose, Fleischalbumose in Pulverform. Tropon s. S. 259. — Fluid beef, Fluid meat, Fleischsaft Puro, Fleischsaft Karno, in flüssiger Form mit 20—30 Procent löslichem Eiweiss. — In Abwechslung mit diesen Fleischpräparaten können Eiweisspräparate aus Milch: Nutrose, Plasmon, (Caseïn-Natrium), Eucasin (Caseïn-Ammoniak), alle in Pulverform; oder aus Getreide: Roborat, Aleuronat, Verwendung finden; auch aus Hefe werden neuerdings eiweissreiche Präparate hergestellt.

Sobald als möglich sollte dem Reconvalescenten resp. Kranken statt dieser für längere Zeit sehr ungern genossenen und übermässig theuren Präparate, festes aber fein vertheiltes Fleisch gereicht werden. Geschabtes resp. fein zerhacktes gebratenes oder gekochtes Fleisch, das in der Suppe suspendirt werden kann, ist ausserordentlich leicht verdaulich. Als Fleischsorten sind dazu Geflügel, Rindsfilet, Kalbfleisch u. s. w. geeignet.

Nicht zu vergessen ist, dass es bei Reconvalescenten von vornherein weniger darauf ankommt, grössere Mengen Eiweiss zuzuführen, als vielmehr Kohlehydrate (s. S. 243). Daher ist anfangs eine Combination der obengenannten Brühen und flüssigen Fleischpräparate, auch wenn sie nicht viel Eiweiss enthalten, mit leicht verdaulichen Kohlehydraten (s. unten) zweckmässig.

Anhang. Eier. Eier bieten eine sehr eiweissreiche Nahrung, die auch gut ausgenutzt wird, das Eiweiss zu 97 Procent, das Fett zu 95 Procent. Am leichtesten verdaulich sind sie in feinster Zertheilung als Emulsion in Suppe,

Eier u. s. w., ferner weich gekocht und gut zerkleinert. Hart gekochte Eier sind schwer verdaulich, weil der Magensaft nur sehr langsam die Coagula durchdringen kann. Empfindliche Individuen und namentlich Kinder vertragen die Eier oft schlecht, höchstens im rohen Zustande in Form der Emulsion. — Der Nährwerth der Eier wird vielfach überschätzt. Das genossene Quantum ist für gewöhnlich zu gering. Ein Ei hat etwa 50 g Inhalt, darin 19 g Dotter und 31 g Eiweiss. In den 19 g Dotter sind 3 g Eiweiss und 4 g Fett enthalten, ausserdem 2 g Lecithin, Nucleïn u. s. w. In den 31 g Eierweiss sind 27 g Wasser und nur 4 g Eiweiss. Zusammen liefert also ein Ei etwa 7 g Eiweiss und 4 g Fett an Nährstoffen, ausserdem relativ viel Eisen.

Beim Aufbewahren von Eiern tritt Wasserverlust ein. Daher sinken sie später in 10 procentiger Kochsalzlösung unter (Eierprobe). Conservirbar sind sie durch Einlegen in Kalkwasser, wobei die Poren durch kohlensauren Kalk verschlossen werden, oder Bestreichen mit Fett, Vaselin u. s. w. Im Handel existiren Conserven von Albumin, die vielfach technische Verwendung finden; ferner Eidotter-Conserven, die sich nur langsam im Wasser lösen.

Litteratur: Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau, Stuttgart 1892. — Hofmann, Die Bedeutung der Fleischnahrung und Fleischconserven, Leipzig 1880. — Osthoff, Schlachthöfe und Viehmärkte. Weyl's Handbuch der Hygiene VI. 1. 1894. — Edelmann, Fleischbeschau, ibid. III. 2, 1896. — v. Leyden, Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik, Leipzig 1897. Theil 1. — B. Fischer, Fleischvergiftung, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 39.

5. Vegetabilische Nahrungsmittel.

a) Getreide, Mehl, Brot.

An den Getreidekörnern ist die Fruchthülle und der Kern zu unterscheiden; von aussen nach innen folgt auf eine Reihe von Celluloseschichten, deren Structur aus Fig. 91 zu ersehen ist, die an Eiweiss besonders reiche sogenannte

Fig. 91. Querschnitt durch ein Weizenkorn, 150 : 1.

Kleberschicht, dann der Mehlkern mit reichlichen Stärkezellen; knetet man das Mehl des Mehlkerns im Seihtuch unter Wasser, so bleibt der Kleber als fadenziehende Masse zurück. Die ganzen Körner enthalten im Mittel 14 Procent Wasser und 86 Procent feste Theile, unter letzteren 11 Procent Eiweissstoffe,

2 Procent Fett, 67 Procent Stärke. Vor dem Vermahlen sind die Getreidekörner zunächst durch Reinigungsmaschinen von aussen anhaftendem Schmutz und Beimengungen zu befreien, und zwar der Reihe nach zuerst von Staub und Brandsporen, dann von Spreu und Stroh, dann von den kuglichen Unkrautsamen. Sodann sind sie durch Schälmaschinen von der werthlosen resp. störenden Hülse, Frucht- und Samenhaut, zu befreien (Decortication). Durch das Mahlen wird dann das Korn in zwei Antheile zerlegt; die Kleberschichten sind zäher und elastischer, während der spröde Mehlkern leicht in Pulver zerfällt. Der vorzugsweise aus Stärke und wenig Eiweiss bestehende Kern kann daher von jenen nur grob zerkleinerten, eiweissreichen Theilen der Hülle durch Beuteln oder Sieben getrennt werden. Die äusseren Partien des Korns sind ausserdem grau gefärbt; das Mehl wird daher um so dunkler und gröber, je mehr es von den äusseren Schichten enthält. Bei der sogenannten Hoch- oder Griesmüllerei, wo die Walzen resp. Steine anfänglich weit von einander stehen und allmählich einander genähert werden, bekommt man die meisten Sorten und zu Anfang die feinsten Mehle; bei der Flachmüllerei stehen die Steine von Anfang an nahe und durch die von Anfang an gewaltsame Zerkleinerung wird die Schale zum Theil in feine Splitter zerteilt, die sich dem Mehl beimengen und ihm eine grauen Farbe geben.

Die verschiedenen Getreide und die verschiedenen Mehlsorten aus dem gleichen Getreide zeigen relativ geringe Differenzen in der chemischen Zusammensetzung. Die gröberen Sorten und die Kleie enthalten aus den oben angeführten Gründen die grösste Eiweissmenge. Dies Plus von Eiweissstoffen ist indess zum Theil nicht ausnutzbar; die Cellulosehüllen der Kleberschicht sind schwer durchdringlich und ihre Zuthat verringert ausserdem noch die Ausnutzung der übrigen Nährstoffe (s. S. 246).

Auch in Bezug auf ihren Nährwerth zeigen die einzelnen Getreidearten nur relativ geringfügige Unterschiede.

Das Mehl ist im rohen Zustande schwer verdaulich; es müssen vorerst die Hüllen der Stärkekörner gesprengt, die Stärke zum Quellen und zur Kleister- oder Dextrinbildung gebracht werden. Ferner muss das Eiweiss in den geronnenen Zustand übergehen. Es gelingt dies Alles z. B. durch Erhitzen des Mehls mit Wasser. So lassen sich Suppen und Breie bereiten, die aber relativ wenig feste Substanz enthalten, ausser beim Reis, in dem leicht die ganze Tagesration von Kohlehydraten geliefert werden kann. Zu Suppen verwendet man zweckmässig Mehlpräparate wie Nudeln und Makkaroni; oder Sago (Reis- und Maisstärke), Graupen (kugelförmig gemahlene Gersten- und Weizenkörner), Gries (vermahlener Weizen), Grütze (geschälte und geschrotete Körner von Hafer, Buchweizen u. dergl.). Versucht man einen gehaltreicheren, conservirbaren Teig aus Mehl und Wasser herzustellen, so resultirt eine compacte, schwer verdauliche Masse; dieselbe wird erst brauchbar, nachdem sie durch die Brotbereitung porös und locker geworden ist.

Die Lockerung lässt sich beim Brotteig erreichen durch im Innern desselben entwickelte Gase und zwar deshalb, weil der Teig stark zusammenbäckt, so dass die Gase nicht glatt entweichen, sondern die zähe Masse nur auseinander treiben. Kleberfreie, nicht backende Mehle sind zur Brotbereitung ungeeignet.

Das Gas kann bei sehr zäher Masse Wasserdampf sein. Brot wird dadurch nur, wenn es viel Eiweiss enthält, etwas gelockert (Graham-Brot). Meist benutzt man Kohlensäure, die entweder aus mineralischem Material entwickelt wird, z. B. Natron bicarbonicnm + Salzsäure; oder LIEBIG-HORSFORD's Backmehl, bestehend aus saurem Calciumphosphat und Natrium bicarb.; oder Natr. bicarb. + Weinsäure; oder Ammoniumcarbonat (Hirschhornsalz). Es kann auch die aus Mineralien entwickelte Kohlensäure durch Maschinen, welchen ausserdem die ganze Bereitung des Teiges obliegt, in das zum Backen verwendete Wasser und somit in den Teig eingepresst werden (DAUGLISCH's Verfahren).

Gewöhnlich benützt man Hefe oder Sauerteig, erstere in Form der Presshefe (s. S. 31), mit zahlreichen Bakterien verunreinigt. Der Sauerteig stellt eine noch unreinere, oft vorwiegend aus Spaltpilzen bestehende Hefe dar, die von einem Backtermin zum anderen aufbewahrt wird. Beide werden in folgender Weise verwendet: 100 Theile Mehl werden mit 80 Theilen Wasser von 42° angemengt, so dass der Teig eine Temperatur von 33° zeigt. Es kommt dann zunächst ein in den Getreidekörnern enthaltenes diastatisches Ferment zur Wirkung, welches die Stärke theilweise in Dextrin und Maltose überführt. Durch Zumengen der Hefe resp. des Sauerteiges wird nun die Maltose in Gährung versetzt, es entsteht reichlich Kohlensäure, daneben Alkohol und verschiedene andere Produkte. Vorzugsweise scheint bei dieser Gährung die Hefe betheiligt zu sein; von Spaltpilzen namentlich der durch starke CO_2-Bildung ausgezeichnete, zur Coli-Gruppe gehörige Bac. levans. Nebenbei entsteht, am reichlichsten beim Sauerteig, Essigsäure und Milchsäure. — In 2—12 Stunden ist der Teig aufgegangen; er wird dann bei 200—270° 30—80 Minuten lang gebacken.

Beim Backen des Brotes verdunstet ein Theil des zugefügten Wassers, so dass aus 100 Theilen Mehl 120—135 Theile Brot hervorgehen. Ferner geht durch die Gährung 1—2 Procent der festen Substanz verloren. Die Fermente werden durch die Backhitze vollständig auch im Innern des Brotes getödtet bezw. unwirksam gemacht. Die Stärke und die Eiweisskörper sind nach dem Backen wesentlich verändert, erstere zum Theil in Kleister, theils in Dextrin und Gummi verwandelt; das Pflanzenalbumin und der Kleber ist in den geronnenen unlöslichen Zustand übergeführt. Dabei bildet das Brot eine poröse, lockere Masse, die sehr leicht von den Verdauungssäften durchdrungen wird.

In Folge von mangelhaftem Durchhitzen oder zu reichlichem Wasserzusatz bleiben schliffige Stellen zurück mit abnormem Wassergehalt und ungeronnenem Proteïn. — Beim Liegen wird das Brot rasch altbacken. Diese Aenderung ist nicht etwa durch Wasserverlust bedingt. Denn wenn man solches Brot auf 70° erwärmt, wird es wieder frischem Brot ähnlich. Wahrscheinlich giebt beim Anwärmen der noch wasserhaltig gebliebene Kleber einen Theil des Wassers an die rascher ausgetrockneten und hart gewordenen Stärkekörner ab. Lagert das Brot längere Zeit und sinkt der Wassergehalt unter 30 Procent,

dann gelingt es nicht mehr, dasselbe durch Erwärmen wieder frischbacken zu machen.

Die verschiedenen Brotsorten zeigen folgende Zusammensetzung:

	Wasser	Eiweiss	Kohleydrate
Feines Weizenbrot	35·5	7·1	56·6
Grobes Weizenbrot	40·5	6·2	51·1
Semmel (mit Milch bereitet) . . .	28·6	9·0	59·5
Roggenbrot	42·3	6·1	49·3
Commisbrot	36·8	7·5	52·4
Pumpernickel	43·4	7·6	45·0

Das mit Milch bereitete Weizenbrot zeigt den höchsten Gehalt an verdaulichem Eiweiss. Das Eiweiss des aus groben Mehlsorten, resp. aus dem ganzen Korn bereiteten Brotes ist, wie oben erwähnt, nur zum Theil ausnutzbar. Vom Eiweiss des Weizenbrotes werden ca 80 Procent resorbirt, von dem des Pumpernickels nur 55—60 Procent. Die Kohlehydrate des Weizenbrotes werden zu 98 Procent, die der gröberen Sorten zu 90 Procent resorbirt.

Die dunklere Farbe des mit Sauerteig bereiteten Brotes rührt von einer Einwirkung der Säuren (Milch- und Essigsäure) auf den Kleber her.

Für das Commisbrot der deutschen Soldaten bestehen folgende Vorschriften: Das Mehl soll durch Siebe, welche auf 1 qcm 17—18 Fäden zeigen, von gröberen Bestandttheilen befreit sein. 100 kg Mehl von ganzem Korn verlieren dadurch 15 kg Kleie. Das Brot soll gleichmässig aufgegangen, gar und locker und von angenehmem Geruch und Geschmack sein. Der Wassergehalt darf nicht mehr als 40 Procent betragen; der Gewichtsverlust eines Brotes von 3 kg soll am 1. und 2. Tage 34 g, am 3. Tage 56 g, nach längerer Zeit 72 g betragen. Die maximale tägliche Brotration ist auf 750 g zu bemessen.

Billige Brot-Surrogate (z. B. durch Zusatz von Maismehl) sind, auch wenn ihre gute Ausnutzbarkeit und Bekömmlichkeit nachgewiesen wird, praktisch meist ohne Bedeutung, weil ihr Geschmack weiteren Kreisen des Publikums nicht zusagt. — Aehnliches gilt von dem neuerdings viel empfohlenen Aleuronat-Brot. Unter der Bezeichnung „Aleuronat“ bringt die Stärkefabrik von Hundhausen in Hamm ein besonders präparirtes Mehl aus Weizenkleber in Handel, das sehr billig ist, da der Kleber als Abfallproduct bei der Stärkefabrikation gewonnen wird und früher unverwerthet blieb. Werden ein Theil Aleuronat und 3 Theile Weizenmehl verbacken, so erhält man ein eiweissreiches Brot mit ca. 19 Procent gut ausnutzbarem Eiweiss. Dabei ist das Aleuronat, falls der Preis gleich niedrig bleibt, einer der billigsten Eiweissträger, der für 1 Mark ca. 800 g Eiweiss liefert. Die Einführung dieses Präparats bietet demnach für die ärmere Bevölkerung grosse Vortheile; aber es wird schwierig sein, das Misstrauen derselben gegenüber der Aenderung der gewohnten Geschmacksreize zu besiegen.

Anomalien und Fälschungen des Mehls und des Brotes. In Betracht kommen vorzugsweise

α) Parasiten des Getreides: Claviceps purpurea, der Mutterkornpilz.

Siedelt sich in den Blüthen von Roggen, Gerste und Weizen an und bildet dort zunächst ein Conidien tragendes Mycel, das sich allmählich in ein schwarzes, 1—3 cm langes und hornartig aus der Aehre hervorragendes Sklerotium umwandelt. Dieses Sklerotium keimt im Frühjahr auf feuchtem Boden und entwickelt kleine gestielte, rothe Köpfchen, an deren Oberfläche Perithecien mit Sporen eingesenkt sind.

Das Sklerotium (secale cornutum genannt) gelangt leicht mit in's Korn und in Mehl und Brot. Der anhaltende Genuss solchen Brotes kann die Kriebelkrankheit oder den Ergotismus hervorrufen, der auf einer Intoxication durch die im Mutterkorn enthaltenen Gifte, Cornutin und Sphacelinsäure, beruht. Entweder treten nervöse Erscheinungen, Digestionsbeschwerden, Gefühl von Kriebeln und Anfänge von Anästhesie an Fingern und Zehen, auch wohl Contracturen, Lähmungen, sensorielle Störungen in den Vordergrund, oder aber es werden die Zehen und Füsse, seltener die Finger von trockener Gangrän befallen.

Nachweis des Mutterkorns. Die Farbe des Mehls ist grauer als gewöhnlich, oft zeigt es violette Flecke. Beim Versetzen mit Kalilauge und Erwärmen tritt der Geruch nach Trimethylamin auf in Folge einer Zersetzung des im Mutterkorn enthaltenen Chinolin. — Ferner ist im Mutterkorn ein Farbstoff enthalten, der in saurem Alkohol oder Aether löslich ist. 10 g Mehl werden mit 15 g Aether und 20 Tropfen verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, nach einer halben Stunde filtrirt, dann mit einigen Tropfen gesättigter Lösung von Natron bicarb. versetzt, welche allen Farbstoff aufnimmt. Eventuell kann noch eine Prüfung im Spektralapparat erfolgen.

Brandpilze, Ustilago carbo, Tilletia caries u. s. w. lassen an Stelle der Getreidekörner schwarze klebrige und staubige Massen von Sporen auftreten, die sich dem Mehl beimengen können; für Menschen ungefährlich; bei Hausthieren, welche die Körner in rohem Zustande aufnehmen, scheinen sie Gesundheitsstörungen bewirken zu können.

Wahrscheinlich durch Parasiten des Mais oder durch verdorbenen Mais bedingt ist ferner die Pellagra.

Seit dem vorigen Jahrhundert ist diese Krankheit in Italien, Spanien, dem südlichen Frankreich, Rumänien u. s. w. endemisch. Dieselbe ist dadurch charakterisirt, dass im Frühjahr eine Art Erythem auftritt und daneben eine Reihe von leichten nervösen Erscheinungen. Zum Herbst bessert sich der Zustand; im nächsten Frühjahr aber recidivirt die Hautaffektion und die nervösen Symptome werden schwerer, es bilden sich Sehstörungen, Paresen, Krämpfe, Hyper- und Anästhesien, oft auch psychische Störungen aus; daneben bestehen vielfach schwere Verdauungsstörungen. Die Krankheit zieht sich mit steter Steigerung der Symptome durch mehrere Jahre hin und endet gewöhnlich tödtlich. In Italien werden zur Zeit über 100 000 mit Pellagra Behaftete gezählt. —

Allgemein wird die Krankheit auf den Genuss von Mais und auf ein damit aufgenommenes Gift zurückgeführt; ob aber Parasiten des Getreides (Brandpilze? Schimmelpilze?) das Gift liefern oder ob dieses erst in schlecht aufbewahrtem Mehl durch Saprophyten entsteht, ist noch unaufgeklärt.

β) Von Unkrautsamen sind Taumellolch und Kornrade bedenklich, weil sie Intoxicationserscheinungen, namentlich narkotische Symptome hervorrufen können. Wachtelweizen und Rhinantus-Arten sind ungiftig, bewirken aber grünblaue Färbung des Brotes. Der Farbstoff ist mit saurem Alkohol extrahirbar; im Uebrigen sind die Unkrautsamen durch mikroskopische Untersuchung zu erkennen.

γ) Bei unzweckmässiger, feuchter Aufbewahrung der Körner und des Mehls können erstere keimen, letzteres faulen. Der Kleber geht dann durch Fermentwirkung in eine lösliche Modification über und das Mehl ist nicht mehr backfähig. — Schlechte Aufbewahrung des Brotes führt zur Verschimmelung oder zur Entwickelung von Bakterien, gelegentlich z. B. des Bacillus prodigiosus.

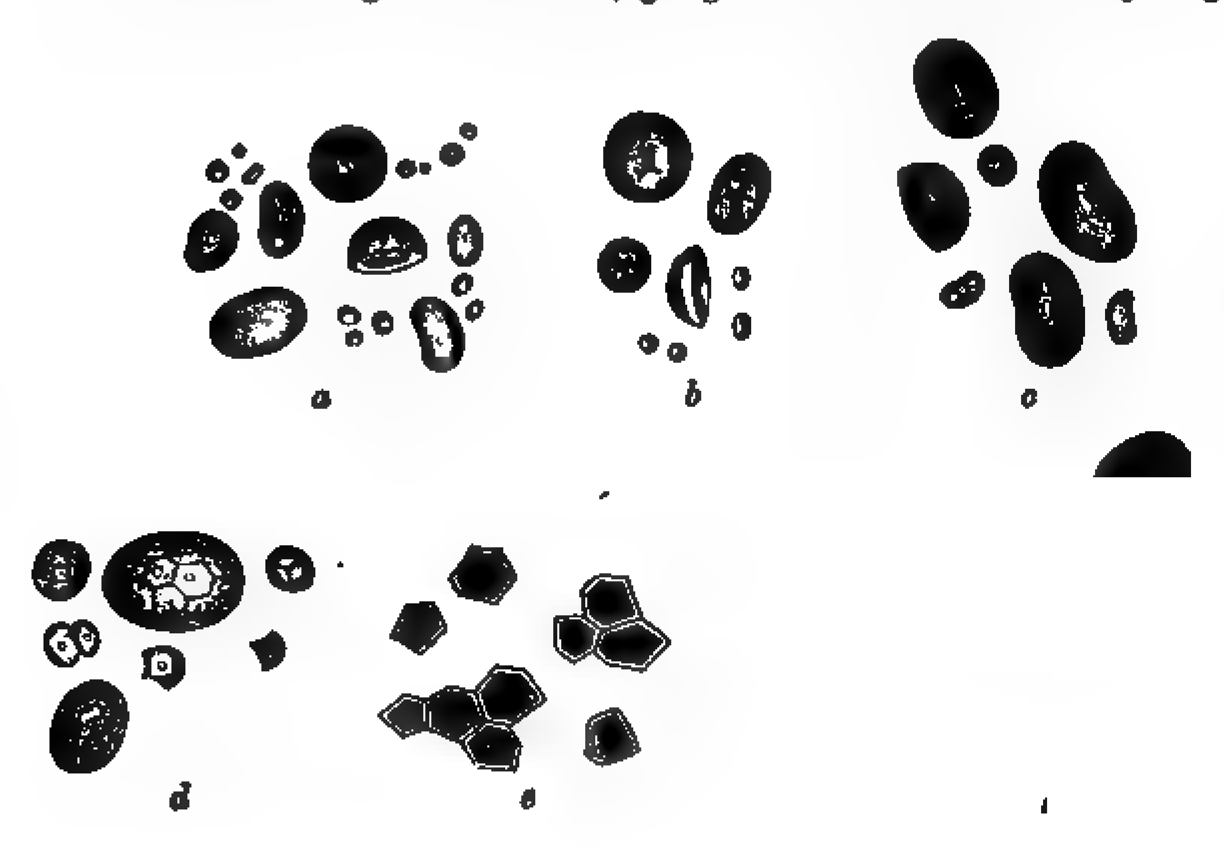


Fig. 92. Stärkekörner. 350:1. *a* Weizen. *b* Roggen. *c* Gerste. *d* Hafer. *e* Reis. *f* Kartoffel.

δ) Zusätze. Das Mehl wird zuweilen mit Gyps oder Schwerspath versetzt; ferner mit Alaun und Kupfersulfat zur Aufbesserung der Farbe und zum Einteigen eines feucht aufbewahrten, nicht mehr bindenden Mehles. Die ersteren werden durch Schütteln des Mehls mit Chloroform und Wasser als Absatz auf dem Boden des Glases erkannt; Alaun und Kupfersulfat durch die Aschenanalyse. — Weit häufiger kommt eine Beimengung des billigeren Kartoffelmehls zu Weizen- oder Roggenmehl vor, nachweisbar durch das sehr charakteristische mikroskopische Bild der Stärkekörner (s. Fig. 92).

ε) Blei- und Zinkvergiftungen mittelst Brot sind zuweilen dadurch vorgekommen, dass Fehlstellen der Mühlsteine mit Blei ausgegossen waren; oder dass zum Heizen des Backofens ein mit Bleiweiss gestrichenes, resp. mit Zinkvitriol imprägnirtes Holz (Bahnschwellen) benutzt war.

η) Verbreitete Gastricismen sind neuerdings beobachtet in Folge des Genusses von Brot (Milch- und Franzbrötchen), das sog. Brotöl enthielt. Um das Ankleben zu hindern, werden die Backbleche und die einzelnen Brote mit Butter, Schmalz, Margarine oder dergl. bestrichen. Jetzt wird dazu ein billigeres „Mineralöl“ empfohlen, das aus den bei 300° nicht flüchtigen Petroleum-Rückständen bereitet ist. Schon 1 g desselben ruft Brechen, Durchfall, Gliederschmerzen u. s. w. hervor. Die Verwendung verräth sich meist durch Geruch der Brote nach Petroleum (Dunbar).

Conditorwaaren rufen nicht selten durch giftige Farben Gesundheitsstörungen hervor. Giftig resp. ungiftig sind folgende Farben:

Gelb. Giftig: Chromgelb (Blei, Chrom); Ultramaringelb (Barium, Chrom); Kasseler Gelb (Blei); Neapelgelb (Blei, Antimon); Auripigment (Arsen); Pikrinsäure; Gummigutt. — Ungiftig: Saffran, Safflor; Curcuma; Ringelblumen; Gelbbeeren.

Grün. Giftig: Schweinfurter-, Neuwieder-, Bremer-, Wienergrün, Scheele's Grün (enthalten sämmtlich Arsen, Kupfer u. s. w.) — Ungiftig: Mischungen von Blau und Gelb; Spinatsaft.

Braun. Giftig: Sepia, Terrasiena (zuw. Arsen). — Ungiftig: Gebrannter Zucker; Lakritzensaft.

Roth. Giftig: Zinnober (Quecksilber); Chromroth (Quecksilber und Chrom); Mennige (Blei); Anilinfarben. — Ungiftig: Cochenille; Carmin; Krapproth; Saft von rothen Rüben und Kirschen.

Blau. Giftig: Bergblau (Kupfer); Thenardblau (Arsen); Smalte (Arsen), — Ungiftig: Indigolösung; Lakmus; Saftblau.

Weiss. Giftig: Bleiweiss; Zinkweiss. — Ungiftig: Feinste Mehle Stärke.

Schwarz. Giftig: Spiesglanz (Antimon). — Ungiftig: Chinesische Tusche.

b) Leguminosen.

Dieselben sind ausgezeichnet durch reichlichen Eiweissgehalt; jedoch fehlt ihnen der Kleber, und deshalb ist eine Brotbereitung nicht möglich, sondern sie sind nur mit sehr viel Wasser entweder in Suppenform mit 90 Procent Wasser, oder in Breiform mit 70—75 Procent Wasser geniessbar. In Folge dessen können die Leguminosen niemals in grosser Menge und dauernd aufgenommen werden. — Ferner kommt in Betracht die schlechte Ausnutzung (das Eiweiss zu 50—70 Procent), welche um so ungünstiger wird, je grösser das genossene Quantum ist. Die übertriebene Empfehlung der Leguminosen als Volksnahrungsmittel berücksichtigt daher viel zu einseitig die Ergebnisse der chemischen Analyse. — Die präparirten Mehle aus Leguminosen sind besser ausnutzbar (Eiweiss zu 85 Procent) und leichter verdaulich.

c) Kartoffeln.

Auf Grund ihres geringen Eiweissgehaltes sind die Kartoffeln vielfach angegriffen und als Nährmittel in Misskredit gebracht, jedoch

mit Unrecht. Man betonte eben früher zu sehr den Werth der Eiweissstoffe für die Ernährung, während Fett und Kohlehydrate gerade so gut nothwendige Nährstoffe sind. Zur Lieferung von Kohlehydraten und Calorieen sind die Kartoffeln vorzüglich geeignet; der Körper setzt sich sogar bei Kartoffelnahrung mit geringerer Eiweisszufuhr in's Gleichgewicht als z. B. bei Brotnahrung. Wollte man den Werth der Kartoffeln allein nach der Eiweisslieferung beurtheilen, so wäre das nicht anders, als wenn man den Werth des Fleisches nach den in demselben vorhandenen Kohlehydraten beurtheilen wollte. — Die Ausnutzung der Eiweissstoffe beziffert sich auf 70, die der Kohlehydrate auf über 90 Procent. Die Kartoffeln sind mit Recht ein so beliebtes Volksnahrungsmittel, weil sie sehr gute, selbst bei häufigerer Wiederholung keinen Widerwillen erregende Geschmacksreize bieten, sehr vielfache Verwendungsarten gestatten und ausserdem die Kohlehydrate für verhältnissmässig sehr billigen Preis liefern (s. S. 256). Es ist daher durchaus rationell, wenn man den Nahrungsbedarf neben dem nöthigen Eiweiss (namentlich neben einem gewissen Quantum animalischer Nahrung) wesentlich mit Kartoffeln deckt. Nur bei einem Fehlen sonstiger Eiweisszufuhr und ausschliesslicher Kartoffelnahrung treten Ernährungsstörungen auf.

Beim Aufbewahren der Kartoffeln ist darauf zu achten, dass sie nicht erfrieren und nicht keimen. Erfrorene Kartoffeln faulen leicht und haben süsslichen Geschmack. In gekeimten Kartoffeln entsteht das giftige Solanin; und zwar nach neueren Untersuchungen durch bestimmte Bakterien, die in den grauen und schwärzlichen Stellen gekeimter und verdorbener Kartoffeln sich reichlich vorfinden.

d) Die übrigen Gemüse

sind uns werthvoll durch ihre Geschmacksreize; ausserdem führen sie dem Körper grössere Mengen Salze zu, die grünen Gemüse insbesondere Eisen. Sie verdienen deshalb volle Berücksichtigung in der Kost, wenn auch ihr sonstiger Nährwerth durchweg unbedeutend ist. — Auch die Pilze enthalten im frischen Zustand nur 2—3 Procent Eiweiss, das überdies schlecht ausgenützt wird und sind also ähnlich wie die übrigen Vegetabilien zu beurtheilen. — Die Früchte zeichnen sich aus durch ihren Gehalt an löslichen Kohlehydraten und Fruchtsäuren; sie enthalten mit Ausnahme der Nüsse wenig Eiweiss, dagegen viel Wasser, so dass sie gleichsam den Uebergang zu den Getränken bilden.

Anomalien der Gemüse. Zu beachten ist, dass Parasiten und Infektionserreger an den Gemüsen haften können; an Salat, Kohl, Radieschen u. s. w. Bandwurmeier; an denselben Waaren und

ausserdem an Kartoffeln, Rüben, Wurzeln, Erdbeeren infektiöse Pilze aus dem gedüngten Boden. — Ferner ist durch Erkrankung der Verkäufer (Grünkramkeller) die Uebertragung von Contagien auf vegetabilische Nahrungsmittel möglich; ebenso durch Besprengen mit verdächtigem Wasser (Rinnsteinwasser). Es ist daher beim Rohgenuss der Gemüse und Früchte eine gewisse Vorsicht indicirt. Dieselben sind sorgfältig zu reinigen, ebenso die dabei benutzten Tische, Tücher und Utensilien der Küche; auch die Vegetabilien sollten so viel als möglich nur gekocht genossen werden.

Auf die Charakteristik der giftigen und der ungiftigen Pilze kann hier nicht eingegangen werden. Manche Pilze, wie z. B. die Morchel, verlieren ihre Giftigkeit, wenn man die getrockneten Pilze abbrüht und das Brühwasser weggiesst.

Die durch Kochen conservirten Gemüse sind vielfach kupferhaltig; sie verlieren ohne Kupferzusatz beim Kochen die frische Farbe; diese bleibt aber, wenn während des Kochens etwas Kupfersulfat zugefügt wird, pro kg etwa 30 bis 40 mg (Reverdissage). Um Vergiftungen herbeizuführen, ist die Menge des Kupfers kaum jemals bedeutend genug. — Die neuerdings vielfach in Handel gekommenen durch Trocknen conservirten Gemüse büssen das Aroma ein und haben meist einen heuartigen Geschmack.

Als besonders leicht verdauliche Vegetabilien für Kranke und Reconvalescenten sind zu empfehlen: Präparirtes Gersten- und Hafermehl, in welchem schon ein Theil der Stärke aufgeschlossen ist. Daraus sind Suppen zu bereiten, für welche höchstens 10 Theile Mehl auf 100 Theile Wasser verwendet werden. Man muss dieselben mindestens $^1/_2$ Stunde kochen lassen, um alle Stärke vollständig zu lösen. Die Suppe enthält dann im Mittel 1·5 Procent Eiweiss und 10 Procent Kohlehydrate; in einer Tasse also etwa 20—25 g Kohlehydrate. — Sollen die Kohlehydrate vermehrt werden, ohne die flüssige Consistenz zu verändern, so ist beispielsweise Malzextrakt zuzufügen (aus gekeimter Gerste extrahirt). Derselbe enthält etwa 30 Procent Wasser, 6—8 Procent Eiweiss, 30 Procent Dextrin und 30 Procent Zucker. Fügt man 2 Esslöffel davon einer Tasse Suppe hinzu, so vermehrt man den Kohlehydratgehalt um etwa 20 g.

Sobald als möglich sollte, falls grössere Mengen Kohlehydrate zu reichen sind, zu breiartigen oder festen Speisen übergegangen werden. Brei von Kartoffeln enthält in einer Tasse etwa 50—60 g Kohlehydrate, ebensoviel Reisbrei mit Bouillon oder Milch bereitet. Semmel, Zwieback, eventuell in Suppen eingeweicht, liefern weit erheblichere Mengen Kohlehydrate als grosse Volumina flüssiger Nahrung.

6. Genussmittel.

a) Alkoholische Getränke.

α) Bier. Durch Hefegährung ohne Destillation aus Gerstenmalz, Hopfen und Wasser hergestelltes Getränk, das sich im Stadium der Nachgährung befindet.

Das Malz wird erhalten, indem Gerste 2—3 Tage eingeweicht und dann in dichten Haufen bei niederer Temperatur dem Keimen unterworfen wird, wobei sich reichliche Mengen Diastase bilden. In 6—13 Tagen hat der Blattkeim etwa $^3/_4$ der Länge des Korns; dann wird durch Trocknen an der Luft das Luftmalz, durch Trocknen auf der Darre bei 40—80° das Darrmalz hergestellt. Aus dem geschrotenen Malz wird durch Behandeln mit Wasser die Würze gewonnen (durch Infusion oder Decoction). Die Diastase bewirkt die Umwandlung der ganzen Stärke in Zucker (Maltose) und Dextrin. — Demnächst wird die Würze von den unlöslichen Bestandtheilen abgeseiht und in Kochpfannen unter Zusatz von Hopfen gekocht.

Der Hopfen besteht aus den weiblichen unbefruchteten Blüthendolden von Humulus lupulus. Unter den dachziegelförmig übereinanderliegenden Bracteen der Dolden finden sich kleine goldgelbe klebrige Kügelchen = Lupulin. Diese enthalten Hopfenharz (50—80 Procent), Hopfenbittersäure, als Klär- und Conservirungsmittel wichtig, und Hopfenöl, das den feinen Hopfengeruch liefert. Ausserdem enthält der Hopfen noch Hopfengerbsäure.

Beim Kochen der Würze wird diese concentrirter, das Eiweiss wird — unter Beihülfe der Hopfengerbsäure — abgeschieden, die Diastase wird zerstört, Lupulin gelöst.

Dann wird abgeseiht und im Kühlschiff rasch gekühlt; bei zu langsamer Kühlung erfolgt leicht Milchsäurebildung. Für obergähriges Bier wird die Würze auf 12—18°, für untergähriges auf 3—8° gekühlt. Dann wird sie in Gährbottiche gefüllt und auf 100 Liter $^1/_2$ Liter Hefe (jetzt meist rein gezüchtete Hefenrassen, vergl. S. 31) zugesetzt. Nach 4—12 Tagen wird auf Lagerfässer gefüllt und dort bei einer Temperatur unter 5° eine schwache Nachgährung unterhalten. Zur Klärung werden eventuell Buchenholzspähne, Kochsalz, gährende Würze, oder auch Tannin oder Hausenblase zugesetzt.

Für Bock- und Exportbier werden gehaltreichere Würzen als für sogenanntes Schenkbier verwendet. — Bei 40° gedarrtes Malz giebt die hellen Biere; hoch gedarrtes oder geröstetes Malz die dunklen.

Das Bier enthält: Wasser, CO_2; Alkohol; dann die Stoffe des sogenannten Extractes, Reste von Maltose und Dextrin, Pepton, Glycerin, Milch-, Essig-, Bernsteinsäure, harzige und bittere Stoffe aus dem Hopfen; ferner Salze (besonders phosphorsaures Alkali).

Je nach der Concentration der Würze, der Beschaffenheit des Malzes, der Anwendung der Infusion oder Decoction und dem Verlauf der Gährung finden sich starke Variationen der Zusammensetzung.

Zusammensetzung einiger bekannterer Biere:

	Spec. Gew.	Alkohol	Extrakt	CO_2	Eiweiss	Zucker	Asche
Münchener Spaten	1·0207	3·23	6·61	—	—	—	—
Pilsener	1·0129	3·55	5·15	0·14	0·37	—	0·19
Bockbier	1·0213	4·74	7·20	0·22	0·62	1·25	0·26

Trotzdem sind bestimmte Anforderungen formulirt: Normales Bier soll glanzhell, vollmundig, gut moussirend sein. Der Alkoholgehalt soll 2·5—4·5 Procent, der Extract mindestens 4 Procent ausmachen; auf 1 Theil Alkohol sollen 1·2—1·6 Theile Extract kommen, am besten 1·6—1·8; Glycerin soll höchstens zu 0·5 Procent vorhanden sein.

Das Bier ist vorzugsweise Genussmittel; nur bei Aufnahme grosser Quantitäten kommt ein Nährwerth in Betracht, indem es dann einen nicht unerheblichen Theil des Bedarfs an Kohlehydraten deckt. — Die Ausnutzung der Nährstoffe ist zweifellos eine fast vollständige. Die Magenverdauung wird durch Bier etwas verlangsamt.

Der Consum beträgt pro Kopf und Jahr in Deutschland 90, in England 122, in Bayern 220, in München 566 Liter.

Anomalien und Fälschungen. Im Bier liegt ein künstliches Präparat vor, das auch bei normaler Beschaffenheit in dem Alkohol und in den zur Unterhaltung der Nachgährung nothwendigen Mikroorganismen differente, nicht unbedenkliche Bestandtheile enthält. Schlechtes Bekommen ist daher bei empfindlichen Individuen leicht möglich, selbst wenn das Bier vollkommen gut ist. Ausserdem aber kann sehr leicht der Brauprocess etwas abnorm verlaufen, ohne dass darum eine Fälschung vorliegt und solches Bier kann bei vielen Menschen Störungen hervorrufen. So z. B. führt ein etwas höherer Gehalt an Hopfenharz, der sich namentlich im Jungbier findet, zu heftiger und schmerzhafter Reizung der Blase; Bestreuen des Bieres mit etwas gepulverter Muskatnuss schützt erfahrungsgemäss gegen diese Affection.

Im Allgemeinen ist daher ein gewisses Risiko mit dem Genuss dieses Präparates immer verbunden. Zweifellos führen aber Anomalien und Fälschungen des Bieres viel leichter zu Störungen der Gesundheit wie normales Bier, und erfordern daher auch vom hygienischen Standpunkt eine gewisse Berücksichtigung.

Folgende billigere Surrogate werden verwendet:

Stärke oder Stärkezucker statt des Malzes.

Pikrinsäure, Enzian, Wermuth, Colchizin, Quassia etc. anstatt des Hopfens.

Glycerin zur künstlichen Herstellung der Vollmundigkeit des Bieres.

Alaun oder Schwefelsäure zur künstlichen Klärung trüben Bieres.

Alle diese Surrogate sind theils giftig, theils täuschen sie für schlechte und nicht haltbare Präparate eine gute Beschaffenheit vor.

Bei schlechter Aufbewahrung entstehen ferner abnorme Gährungen (hefetrübe Biere), die zu Verdauungsstörungen Anlass geben.

Sauer gewordenes Bier wird wohl mit kohlensaurem Alkali versetzt, um das äussere Symptom des sauren Geschmacks zu corrigiren.

Ferner wird schlecht haltbarem Bier saurer schwefligsaurer Kalk resp. Salicylsäure zugesetzt. Beide wirken in den in Frage kommenden Dosen nicht schädlich, verdecken aber die Minderwerthigkeit des Präparates, ohne dass der Entwickelung schädigender Mikroorganismen entsprechend vorgebeugt wird.

Versandtbiere werden durch Pasteurisiren haltbar gemacht. — Dunkele Biere sind oft mit Zuckercouleur gefärbt, in manchen Gegenden mit Wissen und Willen des Publikums.

Nachweis der Anomalien des Bieres. Die normale Beschaffenheit des Bieres wird vor allem durch Bestimmung des specifischen Gewichts, der Alkohol- und der Extractmengen ermittelt. — Das specifische Gewicht des durch Schütteln im offenen Kölbchen von der CO_2 befreiten Bieres wird im Pyknometer oder mit der Westphal'schen Waage bestimmt. Der Alkohol durch Destillation von 75 ccm mit Alkali neutralisirten Bieres, bis 50 ccm abdestillirt sind, die direct in's Pyknometer einfliessen; durch Wägung in letzterem erhält man die Gewichtsprocente Alkohol mit Hülfe von Tabellen. — Zur Extractbestimmung werden 5 g Bier in einer Trockenente im Oelbad 3 Stunden auf 85° im trockenen Luftstrom erwärmt, dann 4 Stunden über SO_4H_2 getrocknet. — Oder indirect nach Balling: 100 ccm Bier werden auf dem Wasserbad zur Hälfte eingedampft zur Verjagung des Alkohols, dann mit Wasser aufgefüllt und wieder das specifische Gewicht bestimmt.

Die einzelnen Bestandtheile des Extracts, namentlich das Glycerin, sind nur schwierig zu ermitteln. Am einfachsten ist noch die Phosphorsäurebestimmung, die durch directe Titrirung mit Uranlösung, wie im Harn, geschehen kann und oft Aufschluss über Verwendung von Malzsurrogaten giebt. — Der Säuregrad des Bieres wird durch Titriren mit $^1/_{10}$ Normal-Natonlauge bestimmt, nachdem die CO_2 durch Erwärmen entfernt ist.

Stärkezucker ist nachweisbar mit Hülfe der Dialyse des Bieres durch Pergament; das Dextrin bleibt zurück, das Amylin, die unvergährbaren, rechtsdrehenden Bestandtheile des Stärkezuckers gehen durch; es wird dann mit Hefe vergohren und im Polarisationsapparat geprüft.

Zum Nachweis der Pikrinsäure wird das eingedampfte Bier mit Alkohol, dann mit Aether extrahirt, die ätherische Lösung verdampft und mit Cyankalium resp. Zucker auf Pikrinsäure geprüft. — Die übrigen Hopfensurrogate sind nur durch complicirtes Verfahren nachweisbar.

Salicylsäure wird durch Ausschütteln des Bieres mit Aether, Verdampfen und Prüfen mit Eisenchlorid erkannt.

Das Ausschänken des Bieres geschieht vielfach mittelst der Bierdruckapparate. Dieselben benutzen entweder Luft zur Pression; indess wird das Bier rasch schaal und die Entnahmestelle für die Luft ist oft nicht einwandfrei. Besser ist die jetzt verbreitete Sitte, Cylinder mit comprimirter Kohlensäure zu benutzen, die unter Einschaltung von

Druck-Regulatoren durch Zinnrohre und Schläuche mit dem Fass in Verbindung stehen, so dass durch den Druck der CO_2 auf die Oberfläche des Bieres letzteres zum Schanktisch aufsteigt. Die Apparate und sämmtliche Verbindungen an denselben müssen peinlich sauber gehalten werden und überall der Reinigung zugänglich sein; die Rohre sollen aus bleifreiem Zinn hergestellt sein.

β) Wein. Ueberreife Trauben werden entleert, gequetscht; der Saft bleibt einige Tage mit Hülsen und Kernen in Berührung, um namentlich die Bouquetstoffe aufzunehmen. Der Weisswein wird dann durch Treten oder Maschinen ausgepresst; beim Rothwein wird erst nach der Gährung gepresst, weil nur der gesäuerte Alkohol den rothen Farbstoff löst. — Den Most lässt man ohne besonderen Hefezusatz bei gutem Luftzutritt gähren. Nach 10—30 Tagen folgt auf Lagerfässern die 3—6 Monate dauernde Nachgährung. — Das Klären geschieht beim Weisswein durch Hausenblase, beim Rothwein durch Eiweiss (Milch, Blut, Gelatine) oder Kaolin.

Der fertige Wein enthält folgende Bestandtheile (s. Tabelle): Alkohol 9—12 Procent; Extract ca. 2·0 Procent; Zucker 0·1—0·8 Procent; Farb- und Gerbstoff bis 0·2 Procent; Asche 0·2 Procent; Wasser 85—88 Procent; specifisches Gewicht 0·99—0·997. — Ferner Essigsäure, Bernsteinsäure, Aepfelsäure (auch frei), Weinsäure (gebunden); Glycerin; Oenanthäther (Caprin- und Caprylsäureester), Aldehyd. Der Wein ist demnach kein Nahrungsmittel, sondern lediglich Reiz- und Genussmittel.

Mittlere Zusammensetzung einiger Weinsorten:

	Spec. Gew.	Alkohol	Säure (als Weins.)	Zucker	Extrakt	Farb- u. Gerbstoff	Asche
Moselwein . . .	0·9977	12·1	0·608	0·204	1·885	—	0·203
Rheingauwein .	0·9958	11·5	0·455	0·378	2·299	—	0·169
Pfälzer Wein .	0·9956	11·6	0·534	0·522	2·390	—	0·162
Franz. Rothwein	0·9947	9·4	0·589	0·616	2·341	0·616	0·217
Portwein . . .	1·0045	16·4	0·47	3·99	6·17	0·17	0·29
Champagner . .	1·04	9·2	0·58	10·7	11·20	0·06	0·14

Anomalien und Fälschungen. Manche Zusätze geschehen in der Absicht, ein besseres und bekömmlicheres Präparat herzustellen und sind vom hygienischen Standpunkt nicht zu beanstanden. So

a) Das Chaptalisiren. Zu saurer Most wird mit Marmorstaub neutralisirt und vor der Gährung mit Zucker versetzt. Geschieht namentlich bei Burgunderweinen.

b) Gallisiren. Herstellung eines Normalmosts mit 24 Procent Zucker, 0·6 Procent Säure und 75·4 Procent Wasser durch Zusatz von Wasser und Zucker. Eventuell durch den geringeren Gehalt an Aschenbestandtheilen nachweisbar. Bei reinem Material nicht zu beanstanden.

c) Pétiotisiren. Sehr verbreitet, seit die Phylloxera ihre Verheerungen angerichtet hat. Die Trester (Schalen und Kerne) werden wiederholt mit Zuckerwasser vergohren. Es entstehen bouquetreiche Weine mit wenig Säure, feurig und schön von Farbe; der zu geringe Gerbstoffgehalt wird durch Tanninzusatz corrigirt. Sehr haltbar. — Oft durch die Analyse nicht von reinem Wein zu unterscheiden, sobald reines Material genommen wird.

Häufig erfolgt Gypszusatz zum Most; dadurch wird Wasser entzogen, die Klärung befördert, die Farbe verbessert, die Haltbarkeit erhöht. Die Weinsäure wird allerdings theilweise ausgefällt und dafür saures Kaliumsulfat in den Wein gebracht. Bei weniger als 2 g Kaliumsulfat pro 1 Liter (bei Weisswein 1 g) ist indess eine nachtheilige Wirkung irgend welcher Art nicht zu beobachten.

Ferner wird oft durch Pasteurisiren conservirt. — Zuweilen wird Scheelisiren angewendet, d. h. Zusatz von 1—3 Procent Glycerin, um dem Wein mehr Körper zu geben und ihn den gelagerten Weinen ähnlicher zu machen. — Oft werden fremde Farbstoffe, namentlich beim Pétiotisiren, zugesetzt (Malven, Heidelbeeren, Fuchsin u. s. w.), nicht selten auch künstliches Weinbouqet oder Alkohol (Vinage).

Bei der hygienischen Beurtheilung aller dieser Fälschungen kommen ähnliche Gesichtspunkte in Betracht, wie bei der Beurtheilung der Anomalien des Bieres. Für empfindliche Individuen ist schon der Genuss normalen Weins leicht mit Gesundheitsstörungen verknüpft; abnorme Präparate, namentlich mit schlechtem Stärkezucker aufgebesserte oder mit künstlichem Bouquet versehene, wirken indess bereits in ungleich kleinerer Quantität schädlich und sind deshalb zu beanstanden.

Die Untersuchung des Weins erfolgt ähnlich wie beim Bier durch Bestimmung des specifischen Gewichts, des Alkohol- und Extractgehaltes. Die freie Säure kann mit Normalalkalilösung titrirt werden.

Nachweis einiger Fälschungen. Stärkezuckerzusatz ist durch den Polarisationsapparat zu erkennen. Reine Weine drehen die Polarisationsebene gar nicht oder in Folge vorhandener Lävulose etwas nach links. Im Stärkezucker sind dagegen unvergährbare rechtsdrehende Stoffe (Amylin) und damit behandelte Weine zeigen daher starke Rechtsdrehung.

Gypszusatz wird erkannt durch die Bestimmung der Schwefelsäure. Die Asche stark gegypster Weine zeigt keine oder sehr schwache Alkalescenz.

Um fremde Farbstoffe aufzufinden, kann man einige Tropfen des Weins auf ein Stück gebrannten fetten Kalks fallen lassen; bei reinem Wein entstehen dunkel-gelbbraune Flecken, bei gefärbtem röthliche oder violette Nüancen. Oder man setzt dem Wein eine Mischnng von gleichem Volum gesättigter Alaun- und 15 procentiger Natriumacetatlösung zu; bei grösseren Mengen von Heidelbeer- oder Malvenfarbstoff tritt blauviolette Färbung ein

(NESSLER's Probe). Auch beim Versetzen mit Kalk gesättigter Brechweinsteinlösung treten Farbenunterschiede hervor. — Genauer Nachweis kleinerer Beimengungen erfordert complicirte Methoden.

γ) Branntwein. Aus verschiedenstem zuckerhaltigem Material, oder auch aus stärke- und cellulosehaltigem, nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure bezw. Diastase, werden durch Hefezusatz alkoholhaltige Flüssigkeiten gewonnen, die dann destillirt werden, um Flüssigkeiten von höheren Alkoholgehalt herzustellen. Hauptsächlich werden Kartoffeln benutzt, aber auch Früchte (Kirschen, Pflaumen, deren Kerne Bittermandelöl liefern); oder Zuckerrohrmelasse (Rum); oder Reis (Arac); oder Wein (Cognac).

Die Branntweine enthalten 35—75 Procent Alkohol; die feineren sind vielfach durch Methyl- und Aethylester der niederen Fettsäuren (Cognacaroma u. s. w.) gefälscht. Am bedenklichsten ist ihr Gehalt an Fuselöl (Gemenge von Propyl-, Amyl-, Butylalkohol und Furfurol), das im normalen Branntwein höchstens zu 1 p. m. enthalten ist und bei stärkerem Gehalt Uebelkeit und Kopfschmerzen erzeugt. Das Fuselöl ist weniger flüchtig als der Aethylalkohol, und gelangt daher insbesondere bei unvorsichtiger rascher Destillation in grösserer Menge in's Destillat.

Der Nachweis des Fuselöls kann entweder schon durch den Geruch geschehen, wenn eine Probe des Branntweins zwischen den Händen zerrieben wird; oder durch die Steighöhle des Branntweins in engen Capillarröhren mit Skaleneintheilung; am sichersten durch Ausschütteln mit Chloroform und Beobachtung der Volumzunahme des letzteren in besonderen Apparaten (RÖSE).

b) Kaffee, Thee, Cacao.

Kaffee. Die Samen der Kaffeestaude enthalten nach Entfernung der fleischigen Hülle 10 Procent Eiweiss, 15—16 Procent Fett, 5 Procent Asche, ätherisches Oel, Gerbsäure, Zucker und 1 Procent Coffeïn (Theïn). Letzteres ist ein Alkaloid (Methyl-Theobromin resp. Trimethylxanthin), welches leichte nervöse Erregung hervorruft. — Vor dem Brennen sind die Bohnen schwer zu pulvern und die Decocte haben zu stark adstringirenden Geschmack. Brennen (bei 200—250°) führt zu theilweiser Zerstörung der Holzfaser, des Zuckers und der Gerbsäure und zu einer Bildung empyreumatischer Substanzen, namentlich des Kaffeols, eines Oels, das sich an der excitirenden und wahrscheinlich an der nicht unbeträchtlichen antibakteriellen Wirkung des Kaffees betheiligt.

In einer Tasse Infus aus ca. 8 g Bohnen bereitet, finden sich etwa 1 g Nährstoffe, 0·1 g Coffeïn, so dass also von einer nährenden Wirkung, selbst beim Genuss grosser Quantitäten nicht die Rede sein kann. Ebensowenig übt das Coffeïn einen sparenden Einfluss auf den

Stoffumsatz im Körper aus. — Dagegen können durch Mischung des Kaffeeinfuses mit Milch und Zucker nicht unerhebliche Nährstoffmengen eingeführt werden.

Fälschungen finden hauptsächlich statt bei schon gemahlenem Kaffee, der nur aus zuverlässigster Bezugsquelle entnommen werden sollte. Surrogate wie Cichorien, Feigen u. s. w. bieten wohl den brenzlichen Geruch und Geschmack, aber kein Coffeïn oder Kaffeol. Sacca- oder Sultankaffee ist aus den fleischigen Hüllen der Kaffeefrucht hergestellt und enthält nur Spuren von Coffeïn.

Thee. Die getrockneten Blätter des Theestrauchs enthalten mindestens 30 Procent feste Substanz, 3·0—2·0 Procent Asche, mindestens 7 Procent Gerbstoff; 0·5—2·0 Procent Coffeïn. Letzteres ist für die Wirkung des Thees maassgebend, die der des Kaffees sehr ähnlich ist. — Eine Tasse Infus, aus 5—6 g Thee bereitet, enthält noch etwas weniger Nährstoff und Coffeïn, als das eben erwähnte Kaffeeinfus.

Fälschungen mit anderen Blättern werden durch vergleichende Untersuchung der mit lauwarmem Wasser befeuchteten und auf einer Glasplatte ausgebreiteten Blätter unter Zuhülfenahme von Lupe und Mikroskop unschwer erkannt. — Schwieriger ist die sehr häufige Fälschung des Thees mit schon extrahirten und wieder getrockneten Theeblättern zu entdecken; die oben angegebenen Grenzzahlen des Gehaltes normalen Thees an verschiedenen Stoffen liefern hierfür Anhaltspunkte.

Cacao. Die von Keimen und Schalen befreiten, durch Rösten und Zusammenschmelzen präparirten, pulverisirten Cacaobohnen enthalten: 16 Procent Eiweiss, 50 Procent Fett (Cacaobutter von 30—33° Schmelzpunkt), 3—4 Procent Asche, 1·5 Procent Theobromin.

Letzteres ist Dimethylxanthin, dem Coffeïn nahe verwandt und auch in der Wirkung demselben ähnlich. Da der übergrosse Fettgehalt belästigt, wird gewöhnlich entölter Cacao mit ca. 25—30 Procent Fett verwendet. Eine vollständigere Entölung liegt durchaus nicht im hygienischen Interesse. — Holländischer Cacao enthält dadurch, dass die Bohnen mit Potasche, Soda oder Magnesia behandelt sind, mehr lösliche Substanzen. — Eine Tasse Cacao aus 15 g bereitet, enthält ca. 2 g Eiweiss, 4 g Fett und 4 g Kohlehydrate. Die Theobrominmengen sind so geringfügig, dass ein nervöser Einfluss fast ganz in Fortfall kommt; dagegen ist ein gewisser Nährwerth vorhanden, der jedoch meistens überschätzt wird.

Unter Chocolade versteht man eine Mischung von Cacao mit Zucker, Gewürzen, Stärke u. s. w.; sie enthält im Mittel 1·5—2·0 Procent Wasser, 9 Procent Eiweiss, 0·6 Procent Theobromin, 15 Procent Fett, 60 Procent Zucker, 2 Procent Asche. Eine Tasse aus 15 g bereitet liefert 1 g Eiweis, 2 g Fett, 10 g Zucker.

c) Tabak.

Blätter der Nicotiana Tabacum. Die reifen Blätter werden getrocknet, in grossen Haufen einer Gährung unterworfen, bei welcher CO_2, NH_3, HNO_3 entsteht. Meist werden sie mit KNO_3 imprägnirt, um die Verbrennlichkeit zu erhöhen. Dann müssen die Blätter lagern;

dabei erfolgt theilweise Oxydation der organischen Substanzen. Die Lagerung darf nicht zu lange dauern, da sonst auch Nicotin und ätherisches Oel verloren geht. Der wichtigste Bestandtheil ist das Nicotin $C_{10}H_{14}N_2$, ein farbloses, sehr giftiges Oel.

Im syrischen Tabak, der stark betäubend wirkt, findet sich indessen kein Nicotin; ferner im Havannatabak weniger, als in schlechten Rauchtabaken; auch tritt in abgelagerten Cigarren starker Nicotinverlust ein. Demnach hängt die Wirkung des Tabaks nicht ausschliesslich vom Nicotingehalt desselben ab; vielmehr sind noch präformirte, aromatische Bestandtheile und solche, welche sich während des Brennens bilden (Pyridinbasen) bei der Wirkung betheiligt.

Die Gesammtwirkung des Rauchtabaks besteht in einer leichten Erregung des Nervensystems, die bei einiger Gewöhnung je nach der Wahl des Tabaks und der Menge des Verbrauchs dem individuellen und zeitlichen Bedürfniss vortrefflich angepasst werden kann. Bei Tabakmissbrauch beobachtet man nervöse Herzschwäche, Skotome, Unempfindlichkeit für Farben u. s. w.

Im Tabaksrauch finden sich Nicotin, flüchtige Fettsäuren, Picolin- und Pyridinbasen, regelmässig Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffe u. s. w. Bei empfindlichen, nicht gewöhnten Individuen vermag der Tabaksrauch zweifellos toxische Symptome, Kopfschmerzen, Reizungserscheinungen in Schlund und Magen hervorzurufen. Mit Rücksicht hierauf ist das Rauchen in allen öffentlichen, nicht ausdrücklich für Raucher bestimmten Räumen unbedingt zu verbieten.

d) Gewürze.

Ueber ihre Wirkung s. S. 236. Speciell erwähnt seien:

Der Pfeffer. In den Handel kommt schwarzer und weisser Pfeffer; ersterer ist die unreife getrocknete Beere, letzterer die reife Frucht des Pfefferstrauchs. Enthält circa 1 Procent scharfes ätherisches Oel und eine schwache organische Base, das Piperin. Der gepulverte Pfeffer ist sehr oft verfälscht und sollte nie gekauft werden. — Cayennepfeffer ist der Samen einer völlig anderen südamerikanischen Pflanze, Capsicum baccatum.

Senf. Aus den Senfsamen von Sinapis nigra und alba gewonnen. Die Körner werden in der Senfmühle unter Zusatz von Weinessig fein gerieben. Oft noch Zusätze von Zimmt, Nelken u. s. w.; dem englischen Senf wird Cayennepfeffer zugefügt. Im Senfsamen ist myronsaures Kalium enthalten; daneben Myrosin als Ferment; beim Anmachen des Senfmehls mit Wasser entsteht Senföl, Zucker und Kaliumsulfat. Das Senföl ($C_3H_5.N.C.S$), das zu 0·3—1·0 Procent im Senf enthalten ist, liefert den scharfen Geruch oder Geschmack. Es wirkt energisch antiseptisch, z. B. auf Milzbrandbacillen schon völlig hemmend bei einer Concentration von 1 : 33000. — Der Senf ist sehr vielen Verfälschungen ausgesetzt, die am besten durch mikroskopische Untersuchung, resp. durch Bestimmung des S erkannt werden.

Essig. Durch Oxydationsgährung aus Branntwein, Wein, verdorbenem Bier gewonnen; enthält im Mittel 4 Procent Ac; daneben Extractstoffe. — Verfälschung hauptsächlich mit Schwefelsäure und Salzsäure.

Litteratur: S. die oben citirten Handbücher von Forster, König, Munk und Uffelmann, Lehmann, v. Leyden; ferner Hilger, Vereinbarungen betreffs der Untersuchung und Beurtheilung von Nahrungs- und Genussmitteln, Berlin 1885. — Thoms-Gilg, l. c.

Siebentes Kapitel.

Kleidung und Hautpflege.

Die Seite 97 geschilderte Wärmeregulirung des Körpers reicht nicht aus, um denselben unter allen Verhältnissen gegen eine zu starke Wärmeabgabe zu schützen. Wir sehen daher, dass alle Menschen je nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen sie leben, sich mit mehr oder weniger Kleidung umgeben und bei Schwankungen der Witterung durch die Kleidung zunächst eine Verminderung, dann aber auch eine Regulirung der Wärmeabgabe herbeizuführen versuchen.

In unserem Klima bedürfen wir einer sehr erheblichen Menge von Kleidung; die des Mannes wiegt im Sommer etwa 3, im Winter 7 kg, die der Frau etwas mehr. Ferner hat die wie gewöhnlich locker anliegende Kleidung im Mittel eine Schichtdicke von 8·6 mm; den weit überwiegenden Volumtheil derselben macht dann aber die zwischen den einzelnen Schichten der Kleidung eingeschlossene Luft aus.

Die Kleidung besteht zum kleinsten Theil aus dichten ungewebten Stoffen; gewöhnlich werden Stoffe benutzt, die aus vegetabilischen Fasern, oder aus Haaren von Thieren, oder aus Seidenfäden gewebt und porös, mit Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fasern versehen sind.

Unter den Eigenschaften der Kleiderstoffe unterscheidet man — nach Rubner, dessen Arbeiten der folgenden Darstellung zu Grunde liegen — die primären, welche den Stoffelementen als solchen zukommen; und andererseits die sekundären, welche nach der Verarbeitung des Stoffes zum Gewebe und wesentlich nach Massgabe der Art der Verarbeitung zu Tage treten.

Eigenschaften der Stoffelemente der Kleidung.

Die Stoffelemente zeigen ein charakteristisches Verhalten unter dem Mikroskop, ferner meistens ein chemisches Verhalten, das zu ihrer Erkennung beiträgt. Physikalisch unterscheiden sich die Stoffelemente namentlich durch ihr hygroskopisches Verhalten, ihre Benetzbarkeit durch Wasser und ihr Leitungsvermögen für Wärme.

Das mikroskopische Verhalten ist folgendes:

Fig. 93. Elemente der Kleidung. 150:1.
L Leinenfaser. *H* Hanffaser. *J* Jutefaser. *B* Baumwollfaser. *S* Seide. *A* Alpakawolle. *E* Elektoralwolle. *W* Schafwolle.

Aus vegetabilischen Fasern (Gefässbündel aus Blättern, Stengeln, Wurzeln oder Samenhaare) bestehen:

a) Baumwolle (Kattun, Shirting, Musselin, Tüll, Köper, Barchent u. s. w.). Samenhaare verschiedener Gossypiumarten. Plattgedrückte meist gewundene Fasern (Fig. 93 *B*), 0·02—0·05 m lang, von 0·011—0·037 mm Durchmesser; an einem Ende kegelförmig zugespitzt, am anderen stumpf abgerundet. Im Inneren ist ein lufterfüllter Hohlraum; die Zellwand ist von beträchtlicher Mächtigkeit.

b) Leinen. Hergestellt aus der Bastfaser von Flachs (Linum usitatissimum). Das Bastgewebe des Flachsstrohs wird von der Oberhaut und dem Holzkörper getrennt durch einen Fäulnissprocess (Rösten); dann wird die Trennung durch Klopfen, Brechen und Schwingen, schliesslich durch Hecheln vervollständigt. Gut gehechelte Flachse zeigen unter dem Mikroskop nur Bastzellen, die bis 4 cm lang und etwa 0·01 mm breit sind. Das Lumen ist meist auf eine dunkle Linie reducirt, stellenweise ganz verschwunden; die Faser ist längsgestreift.

c) Hanf und Jute, aus Bastzellen von Cannabis sativa resp. indischen Tiliaceen hergestellt, übrigens wie beim Flachs zubereitet; selten zu Kleidung verwendet.

Aus thierischen Materialien besteht:

a) Wolle; gewöhnlich wird Schafwolle benutzt. Je nach der Rasse ist die Wolle durch Länge, Kräuselung und Feinheit des Haares unterschieden. Im Rohzustand ist sie stark mit Schweiss und Fett verunreinigt. Bei der Entfettung durch Waschen mit Wasser und später mit alkalischen Flüssigkeiten verliert sie 20—70 Procent. Die Haare der gereinigten Wolle sind 4—32 cm lang, 0·014—0·06 mm dick; unter dem Mikroskop zeigen sie eine epithelartige Membran, die aus dünnen, sich dachziegelähnlich deckenden Cuticularplättchen besteht, so dass die Oberfläche ein schuppiges, tannenzapfenartiges Aussehen erhält (Fig. 91 *W*). Bei altem, getragenem Wollstoff zerfällt die Faser in Fibrillen, die Vorsprünge verschwinden, die Querstreifung wird weniger deutlich. — Die kurze, stark gekräuselte Wolle liefert die sogenannte Streichwolle (Flanell, Fries, Buckskin); die Kammwolle liefert das Material zu glatten Wollzeugen aus langen, sehr festen Haaren. — Von anderer Wolle wird noch gebraucht: Kaschmirwolle von den Kaschmirziegen, Vigognewolle vom südamerikanischen Schafkameel, Mohair von der Angoraziege u. a. m.

Häufig werden gemischte Gewebe benutzt. — Erwähnt sei besonders die jetzt sehr verbreitete Kunst- oder Lumpenwolle (Mungo, Shoddy). Dieselbe wird durch Zerreissen oder Zerkratzen von Wolllumpen und Mischen mit neuer Schafwolle zu Geweben verarbeitet. Oft sind auch Leinen- und Baumwollabfälle hineingemengt. Aeusserlich ist dieselbe von neuer Wolle nicht zu unterscheiden, dagegen wohl durch das Mikroskop.

b) Seide. Aus Absonderungen der Seidenraupe, Bombyx mori, gewonnen. Die im Frühjahr aus dem Ei hervorgekrochene Raupe spinnt sich nach mehrmaliger Häutung zur Verpuppung ein. Dazu sondert sie durch zwei schlauchförmige Drüsen ihres Kopfes eine klebrige Flüssigkeit in Form von zwei Fäden ab, die sich zu einem Doppelfaden vereinigen, und dieses bildet ununterbrochen fortlaufend den Cocon, welcher die Puppe umgiebt. In 12—21 Tagen ist aus der Puppe ein Schmetterling geworden. Dieser wird vor dem Durchbrechen des Cocons getödtet, falls man letztere gewinnen will. Der Faden wird dann vorsichtig abgewickelt und liefert die Rohseide. — Unter dem Mikroskop stellen die Fäden cylindrische, solide und homogene Fasern von 0·01—0·02 mm Dicke dar.

In Bezug auf das chemische Verhalten der Kleiderstoffe seien folgende Reaktionen erwähnt:

Thierische Fasern lösen sich beim Kochen in mässig concentrirter Kalilauge auf, sie färben sich nachhaltig (waschecht) mit Pikrinsäure und mit Anilinfarben, brennen angezündet nicht fort, liefern eine feste schwammige Kohle und starken Geruch von verbrannten Haaren oder Federn. In Kupferoxydammoniak bleibt Seide unverändert; Wolle quillt etwas.

Vegetabilische Fasern lösen sich nicht in Kalilauge, färben sich nicht dauernd in Pikrinsäurelösung, brennen angezündet fort, geben dabei eine leicht zerfallende Asche und keinen intensiven Geruch. In Kupferoxydammoniak ist Baumwolle leicht löslich; Leinwand quillt nur. Ein kleines Stück Gewebe aus Pflanzenfasern wird mit ca. 2 ccm concentrirter Schwefelsäure übergossen: auf Zufügen von 2 Tropfen gesättigter wässriger Thymollösung entsteht purpurrothe Färbung der Flüssigkeit.

Seide und Wolle sind durch die leichtere Lösung der ersteren in Salpetersäure und Ammoniak erkennbar. — Baumwolle und Leinen unterscheidet man durch kurzes Eintauchen in englische Schwefelsäure. Die Baumwollenfäden werden gallertartig resp. gelöst. Die Leinenfasen bleiben unverändert.

Das physikalische Verhalten der Stoffelemente lässt sich dahin charakterisiren, dass

a) Baumwollfasern wenig hygroskopisch sind; 100 Theile nehmen 11,6 Wasser auf; sie benetzen sich rasch mit Wasser; ihr Wärmeleitungsvermögen ist = 29·9, das der Luft = 1 gesetzt.

b) Leinen. Verhält sich ähnlich wie Baumwolle, benetzt sich noch schneller mit Wasser; verträgt häufiges Waschen ohne Veränderung und Verfärbung. Wärmeleitungsvermögen wie bei Baumwolle.

c) Wolle. Sehr hygroskopisch, 100 Theile nehmen aus gesättigter Luft 25—28 Theile Wasser auf. Benetzt sich schwerer mit Wasser; bei wiederholtem Waschen und Trocknen tritt stärkere Krümmung der Haare ein (Einkriechen der Wollstoffe); nasse Wolle legt sich in Folge ihrer seitlichen Stützhaare nicht so glatt an Flächen an, wie andere Stoffe. Wärmeleitungsvermögen 6·1.

d) Seide. 100 Theile nehmen 16·5 Wasser aus feuchter Luft auf. Leicht benetzbar. Wärmeleitungsvermögen 19·2.

Eigenschaften der zu Geweben verarbeiteten Kleiderstoffe.

Von der Art der Verarbeitung hängt zunächst die Dicke und der Luftgehalt einer Kleidung ab. Glatte Leinen- und Seidenstoffe haben 0·16—0·4 mm Dicke; Trikotstoffe 0·6—1·2 mm; Flanell u. s. w. 2—3 mm. — In glatten Geweben beträgt der Luftgehalt ca. 50 Procent, im Trikot 75—80 Procent, im Flanell 90 Procent, in der Haarsubstanz der Pelze 98 Procent. Von dem Luftgehalt hängt wesentlich ab die Comprimirbarkeit der Stoffe, diejenige Eigenschaft der Kleidung, durch welche Stoss und Druck auf Körperstellen abgeschwächt werden sollen; ausser dem Luftgehalt, der durch die Webweise bestimmt wird, kommt noch die Dicke der Stoffe und bis zu einem gewissen Grade auch ihre Elementarzusammensetzung für diesen Schutz in Betracht. Die meisten Kleiderstoffe sind etwa bis auf $^1/_3$ comprimirbar.

Auch die wasserhaltende Kraft und die kapillare Aufsaugung hängen vorzugsweise vom Luftgehalt des Gewebes ab. Die porösen Stoffe saugen am langsamsten auf, nur tritt bei gleichem Gewebe eine besondere Verlangsamung der Aufsaugung bei Wollstoffen hervor. — Je lockerer der Stoff, um so mehr Poren bleiben auch nach der Benetzung mit Wasser lufthaltig und für Luft zugängig.

Wollflanell	zeigt	trocken	923	Porenvolum,	benetzt	803
Baumwollflanell	„	„	888	„	„	723

Trikot-Wolle	zeigt trocken	833	Porenvolum,	benetzt	612
„ Baumwolle	„ „	847	„	„	617
„ Leinen	„ „	733	„	„	318
Glatte Baumwolle	„ „	520	„	„	0.

Von dem Porenvolum, daneben aber besonders von der Grösse der Lufträume (die z. B. durch die Appretur beeinflusst wird) hängt ferner die Permeabilität der Kleider für Luft und andere Gase (Wasserdampf, CO_2) ab. Sie lässt sich angeben in der Anzahl Sekunden, welche es dauert, bis durch 1 qcm Fläche eines 1 cm dicken Stoffs 1 ccm Luft bei bestimmtem Druck (0,42 mm) gefördert wird. Die verschiedenen Stoffe ergeben dann folgende Zahlen:

Dichter Baumwollstoff . . .	76
Waffenrock	10
Wolltrikot	6
Loden	3
Baumwollentrikot	1

Für die Permeabilität einer Gesammtkleidung ist es wichtig, dass die über einander liegenden Schichten möglichst homogen sind; die Einlagerung einer wenig permeablen Schicht über leicht permeabelen hebt den Durchtritt der Luft nahezu auf (z. B. glatte Leinen- und Baumwollstoffe über Wolltrikot).

Auch für das reelle Wärmeleitungsvermögen der fertigen Kleiderstoffe ist der Luftgehalt von grösster Bedeutung; daneben kommt besonders die Dicke der Stoffe und in geringerem Grade das Leitungsvermögen der Grundstoffe in Betracht. Bei gleicher Dicke verhält sich der Wärmedurchgang,

Baumwolltrikot	= 100	gesetzt,
bei Wolltrikot	= 68	
„ Leinentrikot	= 119	
„ Leinen glatt	= 133	
„ Loden	= 76	

Durch hygroskopisches Wasser nimmt die Leitung bei Wolle um 110 Procent, bei Seide um 41 Procent, bei Baumwolle um 16 Procent zu. — Falls Wasser eingelagert ist, verhält sich die Leitung des trockenen Stoffs zum feuchten:

bei Wollflanell	wie	1:1·56
„ Wolltrikot	„	1:2·17
„ Loden	„	1:2·58
„ glatter Baumwolle	„	1:3·39.

Die Abstrahlung der Wärme differirt wenig (zwischen 83 und 110); sie ist am niedrigsten bei den glatten Stoffen (namentlich bei glänzender Seide), am stärksten bei rauher Trikotwolle. Bei nasser Oberfläche nimmt die Strahlung ab; gleichzeitig wirkt aber die Verdunstung im entgegengesetzten Sinne.

Auf Grund der dargelegten Eigenschaften vermag die Kleidung bei geeigneter Auswahl den hygienischen Anforderungen zu entsprechen, die für dieselbe in Betracht kommen: sie soll erstens die Wärmeabgabe vom Körper in zweckentsprechender Weise herabsetzen, und zwar sowohl im trocknen, wie auch im feuchten Zustand, zweitens soll sie die normale Wasserdampfabgabe vom Körper ermöglichen; drittens soll sie die directe Bestrahlung des Körpers hindern.

Weitere bei dem Gebrauch der Kleidung in Betracht kommende hygienische Gesichtspunkte betreffen die Farbe der Kleidung, durch welche keine giftigen Stoffe mit dem Körper in Berührung gebracht werden dürfen; ferner die Aufnahme und Verbreitung von Gasen und Gerüchen, sowie von Infektionserregern durch Kleidungsstoffe; endlich auch den Schnitt der Kleidung, durch welchen nicht selten abnorme Druckwirkungen auf einzelne Körpertheile ausgeübt werden.

1. Die Beziehungen der Kleidung zur Wärmeabgabe.

Durch directe Bestimmung theils der Wärmeausstrahlung (mit Hülfe eine Thermosäule und des Galvanometers), theils der gesammten Wärmeabgabe eines Körperabtheils (in Rubner's Calorimeter) ist festgestellt, dass jedes Kleidungsstück eine deutliche, 10—40 Procent betragende Verminderung der Wärmeabgabe bewirkt.

Diese Verminderung der Wärmeabgabe könnte entweder durch Herabsetzung der Ausstrahlung der Wärme von der Oberfläche der Kleider zu Stande kommen, oder aber von einer Erschwerung der Wärmeleitung herrühren. Nun ergeben zwar directe Messungen, dass das Strahlungsvermögen der Kleider sogar etwas grösser ist als das der Haut, dafür hat aber der bekleidete Körper im Durchschnitt nur eine Temperatur von 21° an der Oberfläche, und deshalb ist auch die Wärmeausstrahlung geringer als von der nackten Körperoberfläche.

Jede Schicht Kleidung veranlasst natürlich eine weitere Hemmung der Wärmeabgabe. Misst man die Temperaturen, welche die einzelnen Kleidungsschichten am Körper zeigen, so findet man:

für die Haut des unbekleideten Körpers 27—32°;

für die Haut des bekleideten thätigen Körper 29—31°; bei voller Ruhe resp. Schlaf oder bei zu hoher über 24° gelegener Aussentemperatur 34—35°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd an der Aussenseite desselben 28·5°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd und Leinenhemd an der Aussenseite des letzteren 24·8°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd und Weste an der Aussenseite 22·9°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd, Weste und Rock an der Aussenseite 19·4° (Rubner).

Soll der Körper mehr Wärme abgeben, so kann eine einzelne Schicht fortgelassen und damit die Temperatur der Aussenfläche erhöht werden. Die Anpassung an die klimatischen und Witterungsverhältnisse erfolgt daher am leichtesten durch eine zweckentsprechende Zahl der Kleidungsschichten.

Eine weitere Behinderung der Entwärmung des bekleideten Körpers kommt dann noch durch die schlechte Wärmeleitung der Kleidung zu Stande, die, wie oben gezeigt wurde, hauptsächlich von dem Luftgehalt des Gewebes und von seine Dicke beeinflusst wird.

Ausserdem kommt die Permeabilität der Gesammtkleidung für ihre Wärmehaltung in Betracht. Starker Luftdurchgang kann den Wärmeschutz erheblich beeinträchtigen. — Ein gewisser Luftwechsel durch die Kleidung ist aber erforderlich; schon wegen der unten zu besprechenden wichtigen Beziehungen derselben zur Wasserdampfabgabe des Körpers. Die Grösse des Luftwechsels durch eine Kleidung lässt sich durch Bestimmung des CO_2-Gehalts der Kleiderluft messen, wenn man die CO_2-Production seitens der Haut als gleich annimmt. Unbehagen tritt schon ein, wenn jener CO_2-Gehalt über 0·08 pro mille steigt. Durch einen einfachen Sommeranzug treten normaler Weise in der Stunde 935 Liter Luft ein.

Bei durchfeuchteter Kleidung (durch hygroskopisches oder in die Poren eingelagertes Wasser) wird zunächst das Gewicht der Kleidung bedeutend erhöht und oft geradezu belästigend. Dasselbe kann auf das Doppelte, also von 4 kg auf 8 kg steigen, lockere baumwollene und wollene Stoffe nehmen sogar das Dreifache ihres Gewichts an Wasser auf.

Ferner wirken die durchfeuchteten Kleider erheblich befördernd auf die Wärmeabgabe. Einmal sind sie weit bessere Wärmeleiter als die trockenen lufthaltigen Kleidungsstücke; sodann wirken sie durch die bei der Verdunstung des aufgenommenen Wassers entstehende Kälte.

Die in einer völlig durchnässten Kleidung enthaltene Wassermenge verbraucht zu ihrer Verdunstung die gesammte Wärme, welche der Körper innerhalb 24 Stunden zu produciren vermag.

Feuchte Kleider müssen um so stärker abkühlend wirken, je schneller sie das Wasser einsaugen, je vollständiger die Luft aus den Poren verdrängt wird, und je rascher die Verdunstung des Wassers vor sich geht. Porös gewebte Stoffe zeigen in diesen Beziehungen das günstigste Verhalten, weil die Menge des aufgenommenen Wassers geringer ist und das Wasser nur langsam eindringt (ausgenommen bei lange getragener Wolle); die Faser wird daher nicht schlaff, und das Gewebe nicht in eine gleichmässig durchfeuchtete Masse verwandelt, sondern die Poren des Gewebes bleiben theilweise lufthaltig. Die Wollstoffe legen sich ausserdem nie so glatt an die Haut an, wie die übrigen nassen Stoffe.

Bei stark schwitzender Haut, z. B. auf Märschen, im tropischen Klima u. s. w. sind daher unbedingt lockere poröse Stoffe zu empfehlen. Bei manchen Individuen verursachen die Wollstoffe zu starke Reizungen der Haut, so dass sie nicht auf die Dauer vertragen werden; ausserdem sind sie meist dicker gearbeitet, als andere Stoffe und wirken dadurch schweisstreibend. Poröse Baumwollstoffe (LAHMANN's Reform-Baumwolle oder VODEL's aus Wolle, Baumwolle und Leinen gemischte Trikotstoffe) sind daher unter solchen Verhältnissen besser indicirt.

Eigenthümlich verschieden ist das Verhalten von Wolle einerseits, Leinen und Baumwolle andererseits gegenüber den Bestandtheilen des Schweisses. Wolle lässt dieselben durchwandern, so dass eventuell die Oberkleider stark verschmutzt werden; in Leinen und Baumwolle bleiben sie stecken und man findet sie z. B. auch dann am reichsten an Kochsalz, wenn darunter noch eine Wollschicht getragen wird.

Ist der Körper häufigen Durchnässungen von aussen ausgesetzt, so bedient man sich zweckmässig der imprägnirten, aber porösen Wollstoffe. Dieselben werden z. B. mit einer Mischung von Alaun, Bleiacetat und Gelatine getränkt; dadurch wird die Adhäsion zwischen der Faser und dem Wasser vermindert und das capillare Aufsaugungsvermögen des Stoffes beseitigt. Wasser läuft an diesen Kleidern vollständig ab, während die Durchlässigkeit für Luft nur um 2—8 Procent vermindert ist. Sie sind den für Luft undurchlässigen und den Luftwechsel durch die Kleidung völlig aufhebenden Stoffen aus Gummi und Kautschuk weit vorzuziehen.

2. Beziehungen der Kleidung zur Wasserdampfabgabe des Körpers.

Für die Wasserdampfabgabe des Körpers ist das eigenthümliche Klima, in welchem die Haut des bekleideten Körpers sich befindet, von grösster Bedeutung. Gewöhnlich zeigt die Luft zwischen Körper und Kleidung nur 30—40 Procent Feuchtigkeit und, zusammengenommen mit der Temperatur von ca. 31° (s. oben), ein sehr hohes Sättigungsdeficit. Durch die Kleidung wird daher der Körper ständig in eine ausserordentlich trockene, zur Wasserdampfaufnahme befähigte Atmosphäre eingehüllt, und nur in dieser fühlt sich der Mensch behaglich. Soll sich dieselbe aber erhalten, und der Körper in der gewohnten Wasserdampfabgabe nicht beschränkt werden, so muss ein gewisser Luftwechsel vor sich gehen und die Kleidung muss für Luft durchgängig sein. Bei undurchlässiger Kleidung, bei zu zahlreicher Kleiderschichten, ferner auch bei sehr warmer, feuchter und windstiller Aussenluft sehen wir in der That die Feuchtigkeit in der den Körper begrenzenden Luftschicht auf 60 Procent steigen; damit tritt aber zugleich eine merkliche Belästigung und ein Gefühl des Unbehagens ein.

Die oben angeführten Zahlen für die Permeabilität der Kleiderstoffe im trockenen und feuchten Zustande geben daher von diesem Gesichtspunkt aus die wichtigsten Anhaltspunkte für die Wahl der Kleidung. Den lockeren Trikotstoffen ist der Vorzug vor glatten Baumwoll- und Leinenstoffen zu geben. Jäger'scher Wollstoff, Lahmann's Reformwolle und Vodel'sche Trikotstoffe ermöglichen den ausgiebigsten Luftwechsel durch die Kleidung und die leichteste Fortschaffung des Wasserdampfes. So lange die Wasserausscheidung durch die Haut nicht übermässig ist, wird es daher in solcher Kleidung überhaupt nicht zur Schweissbildung und zur Durchfeuchtung der Stoffe kommen. Auch wenn aber letztere eingetreten ist, so ermöglichen diese Stoffe immer noch eine weitere Wasserdampfabgabe, während dieselbe bei gewöhnlicher Baumwolle und bei Leinen völlig aufhört.

Die letztgenannten Stoffe sind dagegen dann indicirt, wenn die Haut wenig Wasserdampf producirt, trocken bleibt und wenn keinerlei stärkere Temperaturdifferenzen auf den Körper einwirken, also für eine sog. Ruhekleidung, z. B. beim Aufenthalt im Zimmer und namentlich im Bett.

3. Schutz des Körpers gegen Wärmestrahlen.

Der unbekleidete Körper erträgt die directe Insolation nur nach längerer Gewöhnung ohne Schaden. Für gewöhnlich ist ein Schutz gegen dieselbe erforderlich (s. S. 100), der am besten durch hellfarbige,

weisse oder hellgelbe Kleiderstoffe gewährt wird, während die Qualität des Stoffes wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Setzt man das Absorptionsvermögen weisser Stoffe für die leuchtenden Wärmestrahlen = 100, so beträgt dasselbe für hellgelbe 102, für dunkelgelbe 140, für hellgrüne 152, für rothe 168, für hellgraue 198, für schwarze 208.

Auch gegen die Strahlung von Flammen aus ist die Haut eventuell durch Kleidung zu schützen. Besonders geeignet sind für die in solcher Weise exponirten Arbeiter die zugleich unverbrennbaren Asbestkleidungsstücke (z. B. Hauben, Gamaschen u. s. w.), resp. die mit Flammenschutzmitteln (Ammoniumphosphat oder Ammonsulfat oder Bleiessig und Wasserglas) imprägnirten Stoffe.

Die ferneren Anforderungen an die Kleidung betreffen zunächst das Fehlen giftiger Farben.

Die Seite 323 aufgeführten, Arsenik, Blei und Kupfer enthaltenden Farben werden nicht selten zur Färbung der Kleider verwendet. Grosse Mengen Arsenik sind namentlich in grünen Tarlatankleidern gefunden. Mit Bleifarben imprägnirtes Hutfutter, mit Anilinfarben gefärbte Strümpfe und Unterkleider sollen zu Hautkrankheiten Anlass gegeben haben.

Die porösen Kleidungsstoffe sind ferner oft die Quelle übler Gerüche. Sie nehmen von aussen Massen von Staub auf, der dann bei der Durchnässung weiter in's Innere befördert wird; von Seiten des Körpers dringen die Hautsekrete ein, und so werden die Kleider mit einer Menge organischer in Zersetzung begriffener Stoffe imprägnirt; auch flüchtige, riechende Bestandtheile werden reichlich absorbirt, von den wollenen Stoffen in höherem Grade als von Baumwolle und Leinen. In durchnässter Kleidung können Zersetzungsprocesse eventuell noch weiteren Fortgang nehmen. Eine häufige gründliche Reinigung sämmtlicher Kleider ist daher unerlässlich.

Eine weitere Folge der geschilderten Verunreinigung der Kleider ist ihr Bakterienreichthum, der um so grösser wird, je länger die Kleidung getragen ist und oft zu enormen Zahlen anwächst. Die Bakterien gelangen wesentlich mit Staubtheilchen und Hautschüppchen in die Kleidung; je rauher die Oberfläche der Stoffe, um so mehr Keime bleiben haften. Leinene und baumwollene Stoffe mit fest gesponnenen Fäden und glatter Oberfläche enthalten die wenigsten Keime. — Auch bei der Uebertragung von Infektionserregern spielt die Kleidung eine sehr bedeutsame Rolle. Pocken, Scharlach, Masern, Tuberculose, Milzbrand u. s. w. werden nachweislich durch Kleidungsstücke, zuweilen erst durch Vermittelung der Trödler oder durch Lumpem, auf Gesunde

übertragen. Reste von phthisischem Sputum gelangen sehr häufig durch die Hände oder Taschentücher auf die Oberkleider. Die Erreger von Wundinfektionskrankheiten werden durch mangelhaft gereinigte Verbandstücke verbreitet; Cholera, Typhus, Ruhr durch verunreinigte Leib- und Bettwäsche, Beinkleider u. s. w. Nach dem Waschen pflegt die Unterkleidung selten mehr lebende Infektionserreger zu enthalten, da stets gründliches Kochen der Wäsche stattfindet. Die einer solchen Reinigung nicht zugänglichen Oberkleider können aber sehr lange Zeit als Infektionsquellen wirken.

Schädigungen des Körpers durch fehlerhaften Sitz der Kleidung sind seit lange bekannt. Auf die durch Corsets entstehende Schnürleber, auf die schädlichen Folgen enger Halsbekleidung, auf die Unzweckmässigkeit der Strumpfbänder u. s. w. ist bereits vielfach hingewiesen worden. Dass vom hygienischen Standpunkt aus eine Reform der Kleidung in vielen derartigen Punkten wünschenswerth erscheint, ist so selbstverständlich, dass es keiner näheren Begründung bedarf. Vorläufig aber ist wenig Aussicht vorhanden, dass ein Kampf der Hygiene gegen Sitte und Mode auf grössere Erfolge rechnen darf.

Besonders schwere Deformationen erleidet der Fuss durch die früher und zum Theil auch jetzt gebräuchliche Form des Schuhwerks, bei welcher die Sohle symmetrisch um die Mittellinie des Fusses gelagert ist und das Oberleder so geschnitten wird, dass es seine grösste Höhe — entsprechend der für die Sohle maassgebenden Linie — gerade in der Mitte hat und dass es nach vorn ganz flach auf die Sohle ausläuft.

Die Nachtheile, welche durch diesen fehlerhaften Schnitt entstehen, betreffen insbesondere die grosse Zehe; der äussere Rand des Nagels derselben wird über das Nagelbett herausgedrängt und es entsteht chronische Entzündung des Nagelfalzes; der innere Rand wird nach unten, der zugehörige Nagelfalz nach oben gedrängt und dadurch der „eingewachsene" Nagel hervorgerufen; die erste Phalanx erfährt eine Abknickung gegen den Metatarsusknochen und das allmählich am inneren Fussrande prominirende Metatarsusknöpfchen ist beständigem Druck und chronischen Entzündungen ausgesetzt. — Durch die seitliche Verschiebung der grossen Zehe wird ferner der zweiten Zehe der ihr zukommende Platz verkümmert, und dieselbe muss daher verkrüppelt oder falsch gelagert werden. — Endlich führt das fehlerhafte Schuhwerk zur Plattfussbildung; dieselbe beruht auf einer Umlegung des Fussgewölbes, so dass dessen Scheitel nach innen umfällt, während die Stützpunkte nach aussen rutschen, und kommt dadurch zu Stande, dass der herkömmliche Schnitt des Oberleders den Fuss zu gewaltsamer Pronation veranlasst. Die grösste Höhe des Oberleders ist in der Mittellinie (*a* in Fig. 94a), die grösste Höhe des Fusses an seinem Grosszehenrand; um den Fuss also in dem Oberleder unterzubringen, muss derselbe eine möglichst starke Pronationslage einnehmen. Dabei rücken die Stützpunkte des Fussgewölbes nach aussen, die Schwerlinie wird nach innen verschoben und so der Anfang für die Umlegung des Fussgewölbes gegeben.

In einem richtig gestalteten Schuh soll die grosse Zehe ihre richtige Lage einnehmen, d. h. die Achse derselben soll die Fortsetzung einer Linie bilden, welche von der Mitte der Ferse nach der Mitte des ersten Metatarsusknochens (*a* in Fig. 94b) gezogen ist. Der innere Rand der Sohle soll vom Metatarso-Phalangeal-Gelenk der grossen Zehe bis nach vorn parallel dieser Linie liegen

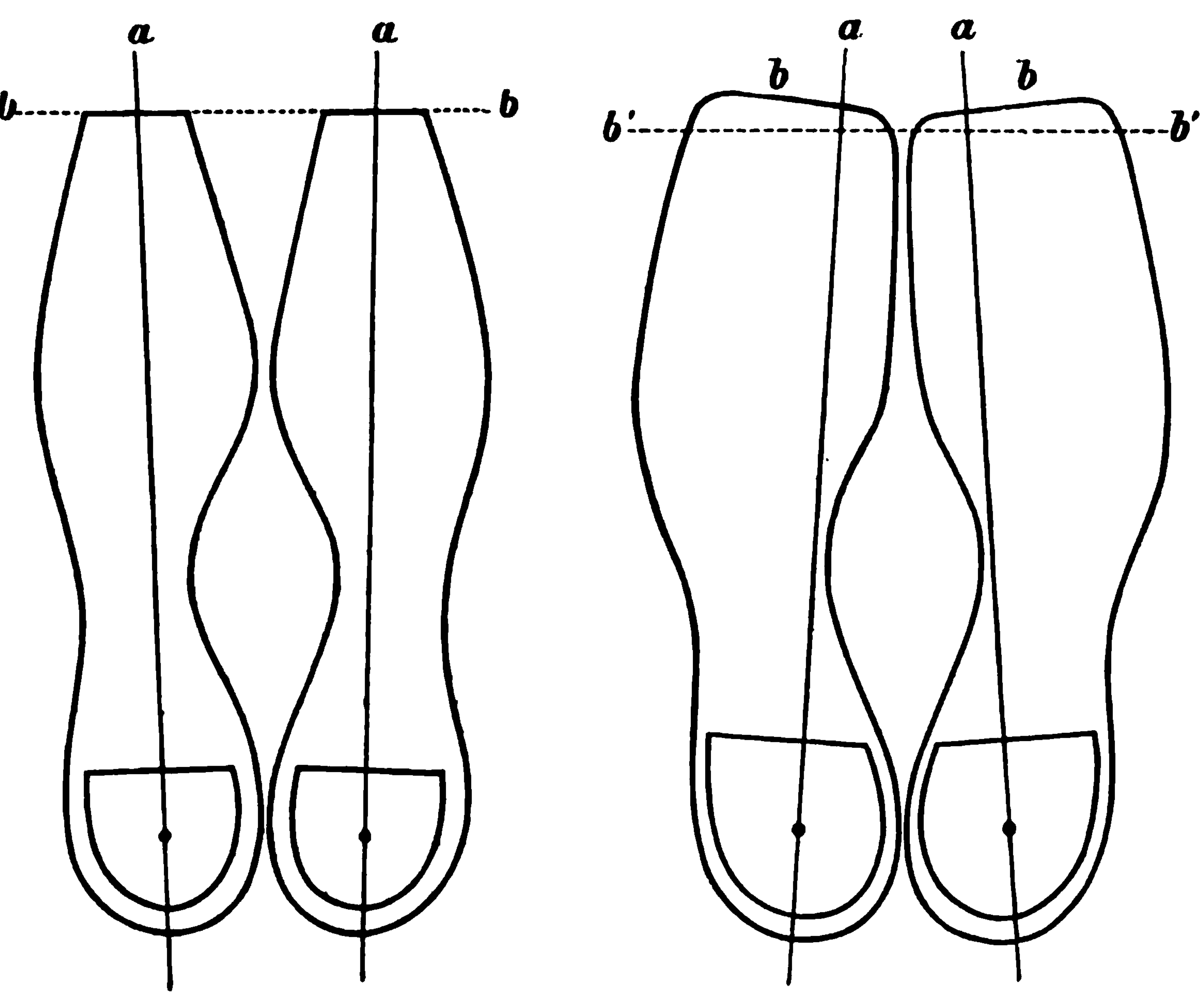


Fig. 94 a. Sohlen herkömmlicher Gestalt. *a* Mittellinie. *b* Gerade Linie für beide vordere Kanten.

Fig. 94 b. Richtige Sohlen. *a* MEYER'sche Richtungslinie. *b'* Vorderer Rand, unschöne Form. *b* Bessere Form des vorderen Randes.

und zwar in einem Abstand von reichlich der halben Breite der grossen Zehe. In eben dieser Linie soll auch das Oberleder für die ganze Länge des Fussrückens und der grossen Zehe am höchsten gehalten werden.

Eine sorgfältige Hautpflege ist schon dadurch geboten, dass die vielerlei Verunreinigungen, welche auf die Körperoberfläche gelangen, keineswegs vollständig von der Kleidung aufgenommen und mit dem Wechsel derselben entfernt werden. Vielmehr bleibt ein fettiger, schmieriger Ueberzug auf der Haut zurück, der ausserordentlich zahlreiche Spross- und Spaltpilze beherbergt. Derselbe liefert häufig belästigende Gerüche, setzt die normale Empfindlichkeit der Haut herab, bewirkt oft stärkere Reizung einzelner Hautpartieen und giebt eventuell zur Einwanderung pathogener Mikroorganismen Anlass. Insbesondere wird bei manchen Gewerbe- und Industriebetrieben (Kohlenbergwerke,

Bleiweissfabriken, Baumwollspinnereien u. a. m.) die Haut der Arbeiter mit einer festhaftenden Schmutzschicht bedeckt, unter deren Einfluss Störungen des Wohlbefindens und krankhafte Hautaffektionen entstehen.

Eine häufige Reinigung des ganzen Körpers durch lauwarme Bäder sollte daher auch für die ärmere Bevölkerung zur Gewohnheit werden. In dieser Beziehung ist ein wesentlicher Fortschritt zu hoffen

1) von der Einführung der Volksbäder, in welchen ein warmes Brausebad mit Seife und Handtuch in einzelner Zelle für den Preis von 10 Pfennig geboten wird. Derartige Bäder bestehen in Berlin, Breslau, Magdeburg u. s. w.; eine Musteranstalt nach Lassar's Angaben von achteckigem Grundriss ist in Frankfurt a. M. eingerichtet (Fig. 95).

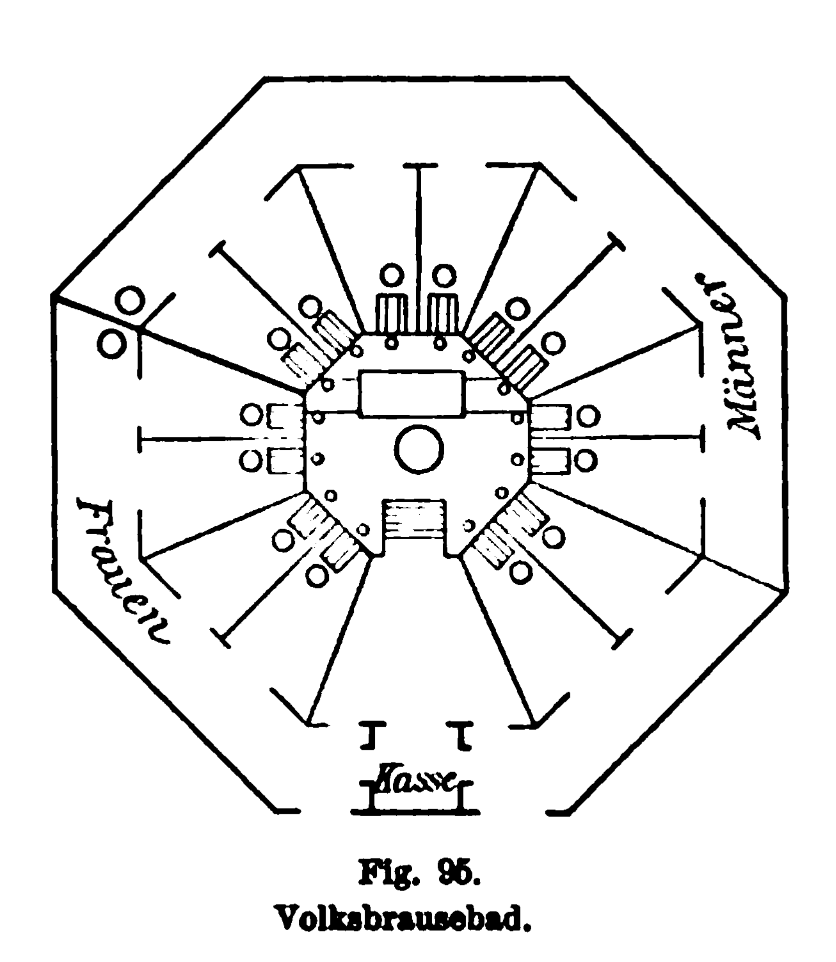


Fig. 95.
Volksbrausebad.

Im centralen Theil befindet sich der Dampfkessel, ringsum liegen 14 Zellen, 4 für Frauen, 10 für Männer in vom Eingang ab völlig getrennten Abtheilungen. Das in jeder Zelle an der Innenwand angebrachte, 30 Liter fassende Wassergefäss hat ein Wasserstandsrohr, das von dem centralen Betriebsraum aus beobachtet werden kann. Dies Wasser hat 40° und kann mit kaltem Wasser beliebig temperirt werden.

2) von Schulbädern, die zuerst in Göttingen, später in verschiedenen anderen Städten zur Einführung gelangt sind.

Im Souterrain jeder Volksschule werden warme Brausebäder verabreicht und zwar können je drei Kinder unter einer Brause baden. Sind drei Brausen vorhanden, so dauert das Baden einer Klasse von 50 Kindern ca. 50 Minuten. Die Kinder verlassen die Klasse in einzelnen Abtheilungen, so dass jedes Kind nur etwa 10 Minuten in der Klasse fehlt. Dieselbe Klasse hat alle 8—14 Tage Badestunde und für diese wird eine Stunde ausgewählt, in welcher Abschreibeübungen, Wiederholungen oder cursorisches Lesen auf dem Lehrplan stehen, so dass keine wesentliche Störung des Unterrichts eintritt. — Die Kinder werden durch diese Schulbäder in wirksamer Weise zur Reinlichkeit des Körpers und der Kleidung erzogen.

3) von Arbeiterbädern. In zahlreichen industriellen Etablissements sind bereits warme Brausebäder mit bestem Erfolg eingeführt.

Weitergehende, nicht nur auf eine Reinigung des Körpers abzielende Wirkungen kommen den kalten Abwaschungen und Bädern (Schwimmbädern) zu. Dieselben sind in heissen Klimaten ein wichtiges Mittel zur Entwärmung des Körpers. Ausserdem vermögen sie bei

systematischer Anwendung die Reaktionsfähigkeit der Haut in erheblichem Grade zu steigern und die Disposition für Erkältungskrankheiten zu vermindern.

Litteratur: Rubner, Handbuch der Hygiene, Wien 1888, und zahlreiche Abhandlungen über die Eigenschaften der Kleidung im „Archiv für Hygiene“ 1887—1895. — Rumpel, Ueber den Werth der Bekleidung u. s. w., Archiv f. Hygiene, Bd. 9. — Nocht, Vergleichende Untersuchungen über verschiedene zu Unterkleidern verwendete Stoffe, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 5. — Hiller, Ueber die Brauchbarkeit porös-wasserdicht gemachter Kleiderstoffe u. s. w., Deutsche militärärztliche Zeitschr. 1888. — H. v. Meyer, Zur Schuhfrage, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 3. — Lassar, Ueber Volksbäder, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 19. — Die Cultur-Aufgabe der Volksbäder, Rede u. s. w., Berlin 1889.

Achtes Kapitel.

Die Wohnung.

(Wohnhaus- und Städteanlagen.)

Während das Wohnhaus ursprünglich vorzugsweise zum Schutze gegen schädliche Einflüsse, namentlich gegen Wind und Wetter, errichtet wurde, bezeichnet man es in neuerer Zeit vielfach als Quelle von Gesundheitsstörungen und als besonders verdächtigen Theil unserer Umgebung. In der That führt das Leben im Hause und speciell das Zusammenwohnen mit zahlreichen anderen Menschen zu einer Reihe von Gefahren, die um so beachtenswerther erscheinen, als der civilisirte Mensch den weitaus grössten Theil seines Lebens im Wohnhaus zubringt. Beim Bau und bei der Einrichtung des Hauses, bei der Versorgung desselben mit Wärme, Luft und Licht, bei der Beseitigung der Abfallstoffe kann es zur Verletzung derjenigen hygienischen Vorschriften kommen, die in den vorstehenden Kapiteln aufgestellt und begründet wurden. Solche Abweichungen von der hygienischen Norm werden dadurch befördert, dass sehr verschiedene Interessen beim Bau und der Einrichtung des Hauses concurriren. In erster Linie pflegen die Kosten der Anlage, sodann sociale und ästhetische Motive, ferner Rücksichten auf Feuersgefahr in Betracht zu kommen. Es ist zweifellos schwierig, die Forderungen der Hygiene mit allen diesen berechtigten Interessen in Einklang zu bringen.

Die daraus sich ergebenden hygienischen Beziehungen des Wohnhauses sind in Folgendem in der Weise erörtert, dass die Darstellung dem Bau des Hauses gleichsam folgt. Zunächst ist der Bauplatz, die verschiedene Form des Wohnhauses, die Aufstellung des Bebauungsplanes und die Bauordnung zu besprechen; sodann die Fundamentirung, der Bau und die innere Einrichtung des Hauses; ferner die speciellen Vorrichtungen zur Regulierung der Temperatur, zur Lüftung und Beleuchtung; schliesslich die in grossen Städten besondere Berücksichtigung erheischenden Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Leichenbestattung.

I. Vorbereitungen für den Bau des Wohnhauses.

A. Wahl und Herrichtung des Bauplatzes.

Ist die Wahl des Platzes freigestellt, so sind die Seite 171 betonten Einflüsse der Oberflächengestaltung zu berücksichtigen.

Der Boden soll porös, trocken und frei von stärkeren Verunreinigungen sein. Nur bei Malariagefahr ist compacter Felsboden einem porösen Untergrund vorzuziehen.

Zeigt sich der im Uebrigen zweckentsprechende Baugrund zu feucht, so fragt es sich, ob und mit welchen Mitteln eine Trockenlegung desselben ausführbar ist.

Die Entscheidung wird sich in jedem Falle nach der Ursache der Bodenfeuchtigkeit richten müssen. Gehört der Bauplatz zum Ueberschwemmungsgebiete eines Flusses, so kann eventuell durch Regulirung des Flusses resp. durch starke Aufschüttung des Terrains geholfen werden. Ist diese Abhülfe nicht in völlig befriedigender Weise zu beschaffen, so ist ein solcher Platz für die Errichtung menschlicher Wohnungen völlig ungeeignet.

Oder die Ursache der Feuchtigkeit liegt in einem zeitweise zu geringen Abstande des Grundwassers von der Bodenoberfläche. Für jedes Bauterrain soll der maximale Grundwasserstand durch längere Beobachtung bekannt sein, und letzterer darf die Kellersohle des Hauses, welche $1^1/_2$—2 m unter die Bodenoberfläche herabreicht, niemals berühren.

Ist diese Forderung nicht erfüllt, so muss der Abstand zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche künstlich vergrössert werden, und zwar dadurch, dass man entweder das Terrain aufschüttet, oder den Grundwasserspiegel senkt mittelst Drainirung des Untergrundes resp. mit Hülfe der Canalisation, welche schon aus anderen Gründen in jeder grösseren Stadt eingeführt zu werden pflegt. Bei sehr grossen Grundwasseransammlungen ist allerdings eine Tieferlegung durch Drainrohre oder Canäle nicht zu erzielen; dagegen kann bei kleineren Grundwassermassen eine sehr vollständige Besserung des Bauplatzes durch diese Maassnahmen erfolgen.

Zuweilen ist schon durch Anpflanzung schnell wachsender Pflanzen Abhülfe zu schaffen, welche grosse Mengen von Wasser verdunsten. Dazu eignen sich z. B. der Wasserreis, die Sonnenblume und namentlich der blaue Gummibaum (Eucalyptus globulus).

Drittens kann eine feuchte Beschaffenheit des oberflächlichen Bodens dadurch bedingt sein, dass dichter, schwer durchlässiger (z. B. lehmiger) Boden von geringer Neigung des Terrains vorliegt. Die Niederschläge werden dann in Form von oberflächlichen Ansammlungen lange zurückgehalten. Ist solcher Boden mit dichtem Buschwerk besetzt, so wird die Verdunstung gehindert und es kommt zu anhaltender Durchfeuchtung. — In solchem Fall ist die Oberfläche zu aptiren, mit bestimmter Neigung und Abfluss zu versehen, die Büsche und Sträucher sind theilweise zu entfernen und statt dessen eventuell Rasen anzupflanzen. — In den Tropen ist mit Rücksicht auf die Malariagefahr eine Beseitigung der Bodenfeuchtigkeit besonders wichtig.

B. Die verschiedenen Formen des Wohnhauses und ihre hygienische Bedeutung.

Der Bauplan wird naturgemäss je nach der Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden sein; hier soll einstweilen nur der Fall betrachtet werden, dass es sich um ein städtisches Wohnhaus innerhalb der gemässigten Zone handelt.

Aber auch bezüglich eines solchen Wohnhauses lassen die Sitten und Gebräuche der verschiedenen civilisirten Völker der gemässigten Zone sehr grosse Differenzen erkennen.

In vielen amerikanischen und englischen, auch in einzelnen norddeutschen Städten herrscht entschieden das Bestreben vor, für eine oder höchstens zwei Familien kleine 1—2stöckige Häuser zu construiren, die entweder ganz freistehen, von Gärten und Höfen umgeben (Villensystem), oder höchstens mit einer Seitenwand aneinander gelagert sind (Doppelvillen). Derartige Familienhäuser sind mehr wie andere Wohnungen geeignet, den Sinn für Häuslichkeit und Familienleben zu wecken; durch dieselben wird ausserdem einem starkeren Zusammendrängen von Menschen am wirksamsten vorbeugt, und alle hygienischen Maassregeln sind hier weit leichter durchführbar. Allerdings gewinnen die Städte durch eine solche Bauweise beträchtlich an Ausdehnung, und es ist daher nothwendig, auf bequeme und billige Beförderungsmittel Bedacht zu nehmen, damit die grossen Entfernungen nicht störend einwirken.

In englischen und holländischen dicht bewohnten Städten ist man zwar zur geschlossenen Bauweise übergegangen, bei welcher jeder seitliche Abstand zwischen den Häusern in Wegfall kommt. Aber das Bestreben, für die Familie ein Haus ausschliesslich zur Verfügung zu

haben, ist noch so entwickelt, dass zahlreiche sehr schmale Häuser gebaut werden, deren jedes durch alle seine Stockwerke hindurch von einer Familie bewohnt wird. Auch bei dieser Bauart sind von vornherein manche Unannehmlichkeiten und Gefahren vermieden, welche durch das Zusammenleben vieler Familien unter einem Dache entstehen.

In der weit überwiegenden Mehrzahl werden indessen in den modernen Städten jetzt nur noch grosse Miethshäuser, Miethskasernen, deren jede zahlreiche Familienwohnungen umfasst, in geschlossener Bauweise errichtet. Alsdann ist das Bestreben des Besitzers stets darauf gerichtet, den Raum des Bauplatzes möglichst auszunutzen und auf demselben möglichst viele Menschen unterzubringen. Hier kommt es dann leicht zu schweren Missständen, und in der Gegenwart haben sich diese derartig gesteigert, dass die „Wohnungsfrage", d. h. die Frage der Abhülfe gegenüber den socialen und hygienischen Schäden, welche zahlreichsten Wohnungen anhaften, für das Volkswohl von der allergrössten Bedeutung geworden ist.

Auch bei sorgfältiger Bauart bringt die Miethskaserne gewisse sittliche Gefahren mit sich; sie giebt zu Streit der Hausgenossen und Verführung Anlass, der Gewissenhafte, Nüchterne, Reinliche leidet unter der Unsitte der Nachbarn und giebt schliesslich seine Eigenart auf; das Familienleben bietet keine Behaglichkeit und die Loslösung der Einzelnen vom Hause wird befördert; häufiger Wechsel der Wohnung untergräbt die Anhänglichkeit an das eigene Heim.

Alle socialen und hygienischen Missstände werden sich um so stärker häufen, je dichter gedrängt die Bevölkerung in der Miethskaserne lebt. Ein lehrreiches Bild der thatsächlich jetzt in Grossstädten vorliegenden Wohnverhältnisse giebt die folgende, nach der Volkszählung vom 2. December 1895 erhobene Statistik:

Von 1000 Bewohnern wohnten in Wohnungen mit heizbaren Zimmern:

	1 ohne Zubehör	1 mit Zubehör	2	3	4
Königsberg . . .	8	533	219	103	56
Breslau	327	117	301	133	50
Dresden	25	393	271	138	64
Hannover. . . .	4	347	327	148	62
Frankfurt a. M. .	22	51	263	283	147

Von 1000 bewohnten Wohnungen waren übervölkert, d. h.

	mit 1 heizbaren Zimmer ohne Zubehör u. mit 6 u. mehr Bewohnern:	mit 1 heizbaren Zimmer mit Zubehör u. mit 6 u. mehr Bewohnern:	mit 2 heizbaren Zimmern u. mit 11 u. mehr Bewohnern:
Königsberg . .	1	147	3
Breslau. . . .	50	27	2
Dresden . . .	0·2	81	3
Hannover . . .	0·1	69	2·4
Frankfurt a. M. .	0·6	5	0·9

Namentlich in den ärmeren, weniger cultivirten östlichen Provinzen lebt demnach ein sehr grosser Bruchtheil der städtischen Bevölkerung in völlig unzureichenden Wohnungen.

So zweifellos die sittlichen und socialen Schäden der dicht bevölkerten Miethskasernen zu Tage liegen, und so zweifellos ferner das Leben in übervölkerten, engen und dunklen Wohnungen die Bewohner ungünstig beeinflusst, die Freude am Dasein beeinträchtigt und die Leistungsfähigkeit herabdrückt, so ist es doch nicht ganz leicht, die hygienischen Schäden, die von solchen Wohnungen ausgehen, bestimmt zu formuliren und richtig abzuschätzen.

In populären hygienischen Schriften werden gewöhnlich die Schlagworte „Luft und Licht“ gebraucht; die Verschlechterung der Luft durch die Exspirationsprodukte der Bewohner und das Fehlen der günstigen Lichtwirkung auf den menschlichen Organismus sowie des schädigenden Lichteinflusses gegenüber Bakterien soll vorzugsweise die hygienische Minderwerthigkeit enger Wohnungen charakterisiren.

Einer strengeren Kritik halten diese Anschauungen kaum Stand. Wie oben ausgeführt wurde, geht von der sogenannten Luftverschlechterung eine irgend erheblichere Gesundheitsstörung nicht aus. Ebenso konnte der Einfluss des Lichts bisher nicht als so wichtig für den Gesammtorganismus erwiesen werden (s. S. 127), dass wir von einem gewissen Minus an Licht einen messbaren und an der Morbidität und Mortalität statistisch nachweisbaren Einfluss erwarten dürfen. Auch die bessere Abtödtung der Krankheitserreger in stärker belichteten Zimmern setzt die Infektionschancen in diesen nicht etwa auf 0 herab, sondern vermindert sie gegenüber dunkleren Wohnungen nur um einen kleinen Bruchtheil, da die meisten Uebertragungen durch Krankheitserreger erfolgen, welche in Wäsche, Kleidern, Betten u. s. w. dem Lichteinfluss entzogen sind. Die offenbare Wirkung lichter Räume und reiner Luft

auf Stimmung, Genussfähigkeit und Arbeitsfreudigkeit haben hier offenbar zu starken Uebertreibungen verführt.

In erster Linie fragt es sich, ob zweifellose akute Gesundheitsschädigungen, die zu Krankheit und Tod führen, von den übervölkerten Wohnungen ausgeben, und welche Einflüsse hierbei vorzugsweise betheiligt sind. — Am bedeutungsvollsten sind in dieser Beziehung die Temperatureinflüsse der Wohnungen, die sich in der enormen Säuglingssterblichkeit der Grossstädte in den Hochsommermonaten zu erkennen geben. Wie an anderer Stelle ausgeführt ist, hängt die Zahl derartiger Todesfälle geradezu von der Wohnungstemperatur im Hochsommer ab. Diese ist in überfüllten Miethskasernen schon durch die Zahl der Stockwerke und die Häufung innerer Wärmequellen stets höher als in den kleineren Familienhäusern; nur in letzteren sind ausserdem ausreichende kühle Aufbewahrungsräume für Speisen und Milch zu beschaffen, die für die Verhütung der verderblichen Verdauungsstörungen des Säuglings so wichtig sind; nur dort ist ein Aufenthalt der Kinder über Tags im Freien und eine ausgiebige Kühlung der Wohnräume durch Lüftung möglich.

Zweitens ist die Ausbreitung ansteckender Krankheiten durch die Miethskasernen-Wohnung begünstigt, weil in dicht bevölkerten Häusern die Absperrung des Kranken und das Fernhalten des Contagiums von den übrigen Bewohnern auf besondere Schwierigkeiten stösst. Unter den Kinderkrankheiten kommt hier namentlich Diphtherie in Betracht; Scharlach und insbesondere Masern und Keuchhusten weniger, weil diese auch in einwandfreien Wohnungen die übrigen empfänglichen Insassen nicht zu verschonen pflegen. — Von den übertragbaren Krankheiten der Erwachsenen ist die Phthise an erster Stelle zu nennen. Je dichter die Bewohnung, je unvermeidlicher die Berührungen und der dauernde Aufenthalt in nächster Nähe des Kranken ist, um so leichter wird das Contagium auf andere Bewohner übergehen, während chemische Luftbeschaffenheit und Lichtverhältnisse auch hier von untergeordneter Bedeutung sind.

Besonders gefährlich sind die Miethskasernen noch, wenn man von der Ausbreitung einer Krankheit in derselben Familie absieht und die Uebertragung auf andere Familien berücksichtigt. Je mehr im Miethshaus gemeinsame Räume und Einrichtungen in Benutzung sind, um so grösser wird diese Gefahr der Ausbreitung. Durch Treppenhaus und Flur, durch Waschküche und Trockenboden, durch Closet, Wasserzapfstelle oder Brunnen, durch den Verkehr und die Spiele der Kinder in den Höfen oder auf der Strasse wird bei dichter Bewohnung massenhaft Gelegenheit zu weiteren Uebertragungen geboten.

Fasst man diese erheblichsten hygienischen Schädigungen durch die Wohnung ins Auge, so ist es klar, dass dieselben theilweise durch Massregeln bekämpft werden können, welche die schwierig durchführbare radikale Aenderung der Wohnungen und eine beträchtliche Reduktion der Bewohnerzahl zunächst ausser Betracht lassen. So kommt für die Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit die Lieferung steriler Kindernahrung in den Sommermonaten, die Einführung einfacher billiger Sterilisirapparate, event. die Anlage von geeigneten Aufbewahrungsräumen für Speisen in Betracht. Zur Bekämpfung der ansteckenden Krankheiten hilft die Entlastung der Wohnung von solchen Kranken, die Ueberführung akut Kranker in Krankenhäuser, der Phthisiker in Lungenheilstätten etc. Ausserdem ist eine organisirte häusliche Krankenpflege, durch welche richtige Massnahmen in Bezug auf Isolirung und Desinfektion Verbreitung finden, ferner Sorge für reichlichste Wasserbenutzung und Reinlichkeit von grosser Bedeutung.

Vieles und gerade das Dringlichste kann in dieser Weise geschehen, bereits ehe das schwierige Problem, für einen grossen Theil der Bevölkerung erheblich geräumigere Wohnungen zu beschaffen, gelöst ist; und gerade jene sofort durchführbaren Massregeln, durch welche die schwersten hygienischen Schäden gemildert werden können, sollten zunächst ins Auge gefasst werden.

Daneben ist aber selbstverständlich consequent darauf Bedacht zu nehmen, die Wohnungsverhältnisse selbst von Grund aus zu bessern; und in dieser Beziehung werden wir ebensowohl durch hygienische wie durch sociale und moralische Motive immer wieder dazu gedrängt, das System der Miethskaserne möglichst einzuschränken und den Bau kleinerer Häuser für einzelne oder für eine beschränkte Zahl von Familien zu begünstigen. Wo aber Miethskasernen unvermeidlich sind, da ist Vorsorge zu treffen, dass die Dichtigkeit der Bewohnung keine zu grosse wird und dass gewisse, das Wohlbefinden der Bewohner erheblich beeinflussende bauliche Einrichtungen durchgeführt werden. In dieser Richtung bedeutungsvoll ist 1) die Aufstellung zweckmässiger städtischer Bebauungspläne 2) der Erlass einer Bauordnung und die Einführung einer Wohnungscontrole. 3) die planmässige Errichtung zahlreicher kleinerer Wohnhäuser.

C. Städtische Bebauungspläne.

Sobald die Erweiterung einer Stadt in Aussicht steht, muss ein bestimmter Bebauungsplan aufgestellt werden. Dabei ist von vornherein z. B. zu erwägen, ob eine Vertheilung der Bevölkerung in der

Weise möglich sein wird, dass die Grossindustrie, Fabriken und Arbeiterquartiere in einem peripheren Theil vereinigt werden, während den Gewerbtreibenden mehr die centralen Theile, und der geistig arbeitenden Bevölkerung, welche berechtigten Anspruch auf eine gewisse Ruhe der Umgebung hat, andere periphere Abschnitte überlassen werden. Falls eine solche Trennung möglich ist, können zahlreiche, unzuträgliche Collisionen vermieden werden.

Ferner ist zu erwägen, ob die neuen Stadttheile besser ihre besonderen Centren (Märkte, Bahnhöfe, Vergnügungslocale u. s. w.) erhalten und ob dadurch eine Decentralisation angestrebt werden soll; oder ob die Interessen der Stadt eine gewisse Abhängigkeit vom centralen Kern wünschenswerth machen.

Schon frühzeitig sind die Hauptstrassenzüge, Plätze, Eisenbahn- und Pferdebahnlinien festzulegen, während die Details der weiteren Eintheilung erst bei Beginn der Bauthätigkeit normirt werden.

Um weiträumige Bebauung mit Familienhäusern oder kleineren Miethhäusern möglichst zu fördern, ist eine unterschiedliche Behandlung der Bauordnungen für das Innere, für die Aussenbezirke und für die Umgebung von Städten wünschenswerth. In den neuen Stadttheilen sollte wenigstens in einzelnen Bezirken weiträumige Bebauung erfolgen und die Miethskaserne verboten sein.

Die meisten grösseren Städte haben jetzt bereits eine Zonenbauordnung, d. h. eine Abstufung der Bauordnung nach zwei oder drei Bauklassen eingeführt. Klasse I umfasst vier- und fünfgeschossige Miethhäuser, die breite und zahlreiche Strassen voraussetzen; in Klasse II sind kleinere Miethhäuser, engere Strassen, Raum für Gärten und daher grössere Häuserblocks vorzusehen; Klasse III umfasst Einfamilienhäuser und Arbeiterwohnhäuser in offener oder halboffener Bauweise und in Blöcken von geringer Tiefe, um Hinterhäuser möglichst auszuschliessen.

Für die Anlage von Strassen kommen verschiedene Gesichtspunkte in Betracht. Man unterscheidet zweckmässig zunächst Verkehrs- und Wohnstrassen. Erstere laufen vorzugsweise radial vom Verkehrscentrum nach der Peripherie; sie müssen grössere Breite, gerade Linien und rechtwinklige Kreuzungen haben. Als Wohnstrassen eignen sich hauptsächlich solche, die ringförmig verlaufen. Zwischen letzteren werden hier und da zur Verbindung von Hauptknotenpunkten breitere Diagonalstrassen angelegt. — Die von den Strassen umschlossenen Häuserblocks sollen thunlichst Rechtecke bilden, sind im Uebrigen in ihrer Form von der Oertlichkeit, in ihrer Grösse wesentlich von der Art der Bebauung (s. oben) abhängig.

Als ein mehr hygienischer Gesichtspunkt kommt für die Strassenrichtung in Betracht, dass dieselbe wo möglich nicht rein äquatorial (West-Ost) sein soll. Es resultirt hierbei eine ausgeprägte Schatten- und eine Sonnenseite, welche enorme Differenzen im Klima ihrer Häuser aufweisen; bei der nach Süden gerichteten Fensterfront erfolgt im Sommer in Folge des Hochstandes der Sonne nur ein geringer Einfall von Sonnenlicht, dagegen im Winter bis weit in die Zimmer hinein es liegen hier also die günstigsten Verhältnisse vor. Um so schlechter ist die Nordseite bedacht. Der Mangel an Sonne kann hier nicht etwa durch die Südlage der Rückseiten ausgeglichen werden, da in Folge der Bauart der Häuser hier gewöhnlich nur Wirthschafts räume, Treppenhäuser und Schlafzimmer liegen. — Bei meridionalen, Strasseneinrichtungen (Nord-Süd) ist die Insolation gleichmässiger auf beide Seiten vertheilt, aber sie wirkt wegen der im Sommer tief in die Fenster dringenden Sonne ungünstiger wie auf der Südseite.

Ausserdem ist hervorgehoben, dass der meridionale Verlauf durch die herrschende Windrichtung nachtheilig beeinflusst wird. In Norddeutschland sind äquatoriale Winde häufiger, und diese bewirken eine lebhaftere Ventilation in den gleichgerichteten Strassen und deren Häusern. Daher sollen die Strassen am günstigsten liegen, welche von Nord-Ost nach Süd-West resp. von Nord-Ost nach Süd-Ost gerichtet sind, so dass sowohl Sonne wie Wind gut ausgenutzt und möglichst gleichmässig vertheilt werden. — Man wird jedoch in den seltensten Fällen allen concurrirenden Gesichtspunkten Rechnung tragen können; und da die hygienischen Forderungen in dieser Beziehung wenig scharf begründet sind, wird man meist den technischen und künstlerischen Interessen die Entscheidung überlassen.

Zur Pflasterung der Strassen soll ein Material benutzt werden, das möglichst wenig Staub liefert, also hart und schwer zerreiblich ist. Ferner ist ein gleichmässiges Quergefälle, je nach dem Material 15—70 pro mille, einzuhalten, welches schnelles Abfliessen des Wassers und leichte Reinigung ermöglicht. Etwaige Zwischenräume zwischen den Pflastersteinen sollen mit fest zusammenhängender, nicht staubender Füllung gedichtet sein. Chaussirte Fahrstrassen sind in Städten ganz zu verwerfen. — Zur Schonung des Pflasters ist es wichtig, dass nicht bei jeder Reparatur von Wasser-, Gas-, Telephonleitungen u. s. w. das Pflaster der Fahrstrasse aufgerissen werden muss. Um das zu erreichen, legt man jene Leitungen entweder in besondere unterirdische Tunnel (theuer); oder man bringt sie unter der Decke der grösseren Abzugscanäle an; oder man verlegt sie in eine Kiesbettung unter dem Fussteig und macht sie dadurch viel leichter zugänglich. — Ueber die Ausführung der Wasserversorgung, der Anlagen zur Entfernung der Abfallstoffe siehe in den folgenden Kapiteln.

Von grosser Bedeutung sind zahlreiche mit Bäumen, Gärten und Anlagen versehene freie Plätze (Verkehrs-, Nutz-, Architekturplätze). Nicht als ob durch die wenigen Bäume irgendwelche nennenswerthe Verbesserung der Luft bewirkt werden könnte; sondern, abgesehen von dem wohlthuenden Eindruck solcher Unterbrechungen des Häusermeeres auf Auge und Stimmung, liegt ihr Werth vorzugsweise darin, dass sie den Umwohnern Gelegenheit bieten, mit wenig Aufwand an Zeit einzelne Tagesstunden im Freien zuzubringen und namentlich im Sommer sich von der Hitze der Arbeitsräume und Wohnungen zu erholen. Für Kinder in den ersten Lebensjahren bildet eine solche Möglichkeit zum Verweilen im Freien ein wichtiges Mittel, um die Gefahr der mörderischen Krankheiten der Sommermonate zu verringern; und nicht minder kann das Herumtummeln der heranwachsenden Kinder auf freien Plätzen manchen krankhaften Störungen vorbeugen.

Mit Rücksicht auf diesen Einfluss der freien Plätze sollten dieselben in grosser Zahl und möglichster Vertheilung vorhanden sein. Wenige grössere Anlagen bieten bei weitem nicht die gleichen Vortheile, weil die entfernter Wohnenden nur selten Zeit und Gelegenheit zum Besuche derselben finden. Ferner ist bei dem Arrangement der Plätze darauf Bedacht zu nehmen, dass sie nicht als Zierrath dienen, sondern in erster Linie den Anwohnern längeren Aufenthalt ermöglichen und so hygienischen Nutzen bringen.

Bezüglich der Unterhaltung der Strassen und Plätze hat die Hygiene eine sorgfältige Reinigung und bei austrocknender Luft reichliche Besprengung mit Wasser zu fordern; erstere, um Infektionen von der Bodenoberfläche aus nach Möglichkeit einzuschränken; letzteres, um die Belästigung der Athmung durch staubige Luft zu hindern.

D. Bauordnung und Wohnungscontrole.

Die Bauordnungen sollen der Einsturz- und Feuersgefahr der Gebäude Rechnung tragen, jeder Wohnung genügend Luft und Licht zu schaffen und dem übermässigen Zusammendrängen der Menschen vorzubeugen suchen. Sie enthalten vorzugsweise folgende Vorschriften:

a) Ein gewisser Bruchtheil des Grundstücks muss als Hof- und Gartenraum übrig bleiben; derselbe soll im Verhältniss stehen zur Grösse des Grundstücks und wird meist auf ein Drittel des Bauterrains normirt.

b) Bezüglich der Bauflucht wird verlangt, dass die Gebäude entweder die Strassenlinie genau einhalten, oder es wird ein Zurückweichen hinter die Fluchtlinie bis zu 3 m gestattet. Im hygienischen

Interesse ist ein stärkeres Zurückweichen um 10—20 m weit mehr erwünscht, da dann erst die entstehenden Vorgärten für die Bewohner des Hauses wirklich benutzbar werden.

c) Zahlreiche Bestimmungen reguliren den Abstand der Gebäude von einander.

Bezüglich des seitlichen Abstandes wird unterschieden zwischen geschlossener Bauweise, Bauten mit geringen Abständen, und offener Bauweise (Pavillonsystem). Bei der geschlossenen Bauweise müssen stets Brandmauern, d. h. massive Mauern ohne jede Oeffnung die Häuser verbinden. Ist ein Abstand zwischen zwei Häusern vorhanden, so muss, falls derselbe unter 5 m beträgt, mindestens eine Mauer als Brandmauer fungiren; geht der Abstand über 5 m hinaus, so dürfen beiderseits Oeffnungen angelegt werden.

Diese mit wenig Ausnahmen noch jetzt geltenden Bestimmungen, die vorzugsweise die Feuersicherheit berücksichtigen, befriedigen nicht vom hygienischen Standpunkt. Die kleinen Abstände unter 5 m sind zu verwerfen, weil auch dann, wenn beiderseits Brandmauern sie begrenzen, Winkel zu entstehen pflegen, die zur Ablagerung von allerlei Abfallstoffen dienen. Besträgt aber der Abstand wenig über 5 m und haben dann die Mauern Fenster, so ist nicht daran zu denken, dass durch dieselben die dort gelegenen Zimmer genügend Luft und Licht erhalten. Man muss dann wenigstens verlangen, dass für diese Zimmer noch andere Licht- und Luftöffnungen existiren, oder dass die betreffenden Räume nicht zum Wohnen benutzt werden. Erst dann, wenn der seitliche Abstand ungefähr der Haushöhe gleichkommt, ist auf eine ausreichende Luft- und Lichtzufuhr zu rechnen. Andernfalls ist auf seitliche Abstände ganz zu verzichten und die geschlossene Bauweise zu empfehlen.

Vom gegenüberliegenden Hause soll die Front mindestens um die Haushöhe entfernt sein. Man bezeichnet diese Forderung gewöhnlich durch die Formel $h = b$ (Höhe = Strassenbreite). h rechnet man bis zur Dachtraufe; sind die Dächer sehr steil und ihr Neigungswinkel grösser als 45°, so ist $b = h + x$ zu rechnen, wo x eine Constante, z. B. 6 m, bedeutet. — Bei Aufstellung dieser Formel ist offenbar nur darauf Bedacht genommen, dass das diffuse Tageslicht bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangt (s. Fig. 96). Sollen die Parterrezimmer aber auch noch bis in eine gewisse Tiefe Himmelslicht erhalten, oder wird eine gewisse Dauer der Insolation der Hausfront gefordert, so ist ein erheblich grösserer Abstand der Fronten $\left(b = h + \frac{h}{2}\right)$ nothwendig (s. unter „Beleuchtung").

Für Hinterhäuser sollte die Regel $h = b$ gelten.

d) Die Höhe der Häuser ist zwar schon durch die Bestimmung über das Verhältniss zwischen Haushöhe und Strassenbreite in gewisser Weise limitirt. Es ist aber zweckmässig, ausserdem für den Fall, dass sehr breite Strassen existiren, eine maximale Höhe des Hauses (von etwa 20 m) festzusetzen, da mit der Höhe des Hauses die Sommertemperaturen innerhalb der Wohnungen sich steigern, da durch dieselbe ferner die Massenansammlung von Menschen begünstigt wird, und da die Statistik in bestimmter Weise einen schädlichen Einfluss der hochgelegenen Wohnungen auf Todt- und Fehlgeburten nachgewiesen hat.

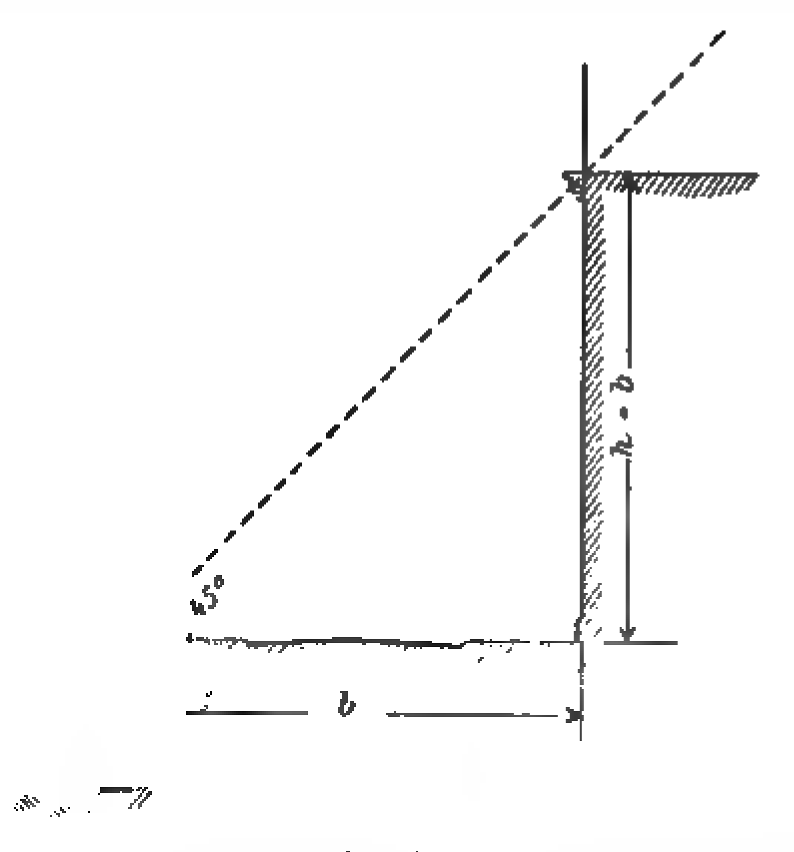


Fig. 96.

e) Damit der Häuser-Speculant nicht durch zahlreiche niedrige Stockwerke sich für die Beschränkung der Höhe schadlos zu halten sucht, muss die Zahl der Stockwerke auf höchstens fünf oder aber die minimale lichte Höhe der bewohnten Räume auf mindestens $2^1/_2$—3 m festgesetzt werden.

f) Sehr wichtig sind Bestimmungen, welche die Grösse der bewohnten Räume nach der Bewohnerzahl normiren (mindestens 10 cbm Luftraum für jeden Erwachsenen, 5 cbm für jedes Kind unter 10 Jahren), und ausreichend Licht und Luft dadurch garantiren, dass für jeden bewohnten Raum bewegliche, nach aussen führende Fenster vorgeschrieben werden, deren Fläche mindestens = $^1/_{12}$ der Bodenfläche beträgt.

Eine Inspektion der vorhandenen Wohnungen ist in den letzten Jahren in verschiedenen Städten und Regierungsbezirken eingerichtet, so im Regierungsbezirk Münster 1891, in Posen 1892, im Regierungsbezirk Düsseldorf 1895, in Dresden 1898, Hamburg 1898, Essen 1899. In den Polizei-Verordnungen werden „ungeeignete" und „überfüllte" Wohnungen unterschieden; für ersteres Prädikat sollen Abnormitäten der Luft- und Lichtlieferung, der Fenster, der Abortanlagen, der Wasserversorgung, sowie abnorme Feuchtigkeit massgebend sein. Die Methoden zur Prüfung auf diese Abnormitäten sind übrigens nicht genügend festgelegt. — Die Ueberfüllung wird nach dem auf den einzelnen Bewohner entfallenden Luftraum (s. oben) beurtheilt; ferner sind namentlich beschränkende Bestimmungen über Schlafleute, Kost- und Quartiergänger aufgenommen. Als Beispiel diene die im Folgenden auszugsweise wiedergegebene Verordnung für den Regierungsbezirk Düsseldorf:

§ 1. Niemand darf ohne Genehmigung der Ortspolizeibehörde in Wohnungen, welche sich in von 2 oder mehr Familien bewohnten Häusern befinden, selbst als Eigenthümer oder Besitzer einziehen, oder eine Familie zur Miethe oder Aftermiethe aufnehmen, sobald diese Wohnung polizeilich als zum Bewohnen ungeeignet (§ 2) oder als überfüllt (§ 3) bezeichnet worden ist.

§ 2. Als zum Bewohnen ungeeignet können von der Ortspolzeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche den nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1) Alle Schlafräume müssen mit einer Thür verschliessbar und mindestens mit einem unmittelbar in's Freie führenden aufschliessbaren Fenster versehen sein, dessen Grösse nicht geringer als der 12. Theil der Fussbodenfläche sein darf.

2) Speicherräume sind nur als Schlafräume zulässig, wennn sie verputzte oder mit Holz verkleidete Wände haben.

3) Der Fussboden der Schlafräume muss durch gute und dauerhafte Holzdielung oder anderweitige, zweckmässige Vorrichtung (Estrich, Plattenbelag u. s. w.) vom Erdboden getrennt sein.

4) Die Schlafräume dürfen nicht mit Abtritten in offener Verbindung stehen.

5) Bei jedem Hause muss mindestens ein direkt zugänglicher, verschliessbarer, allen Bewohnern des Hauses zur Benutzung freistehender Abort vorhanden sein.

6) Eine genügende Versorgung der Wohnung mit gesundem Wasser muss vorgesehen sein.

§ 3. Als überfüllt können von der Ortspolizeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1) Die Schlafräume einer jeden Wohnung müssen für jede zur Haushaltung gehörige, über 10 Jahre alte Person mindestens 10 cbm Luftraum, für jedes Kind unter 10 Jahren mindestens 5 cbm Luftraum enthalten.

Kinder, welche das erste Lebensjahr noch nicht vollendet haben, bleiben ausser Betracht.

2) Die Schlafräume müssen derart beschaffen sein, dass die ledigen, über 14 Jahre alten Personen nach dem Geschlecht getrennt in besonderen Räumen oder Abschlägen schlafen können, und dass jedes Ehepaar für sich und seine noch nicht 14jährigen Kinder einen besonderen Schlafraum oder doch einen besonderen Abschlag im Schlafraum besitzt.

§ 4. Abweichungen von den in § 2 und § 3 aufgestellten Anforderungen kann die Ortspolizeibehörde in besonders gearteten Fällen gestatten.

§ 5. Jede Zuwiderhandlung gegen diese Verordnung wird mit Geldstrafe bis zu 30 Mark, im Unvermögensfalle mit verhältnissmässiger Haft bestraft.

Die ausführenden Organe der Wohnungsaufsicht sind in manchen Orten die Polizeiorgane; zweckmässiger erscheint es, entweder eine besondere „städtische Behörde für Wohnungspflege" zu begründen (Hamburg), in der ein Wohnungsinspektor, einige Kreisärzte und eine Anzahl ehrenamtlich fungirender Bürger mitwirken; oder die Wohnungscontrole wird den durch das neue Kreisarztgesetz vorgesehenen städtischen Gesundheits-Kommissionen übertragen.

Ein sofortiges Eingreifen der Wohnungspolizei ist in vielen Fällen nicht durchführbar, weil die Insassen der überfüllten und ungeeigneten Wohnungen nicht ohne grösseren Kostenaufwand zweckentsprechender untergebracht werden können, oder weil eine Reduktion der Schlafgäste und Kostgänger den Vermiethern ihren einzigen Erwerb schmälert. Meist ist daher nur bei der Aufnahme neuer Miether bezw. bei der Einrichtung neuer Schlafstellen ein Eingreifen möglich. Der allmähliche erhebliche Vortheil einer derartigen Controle steht trotzdem ausser Frage. — In England nehmen städtische Logirhäuser Familien, die aus überfüllten Wohnungen delogirt werden, auf; eine Einrichtung, die auch bei uns Nachahmung zu finden verdient.

E. Der Bauplan für ein Wohnhaus.

Für grössere Miethhäuser variirt der Bauplan je nach dem Charakter des Stadttheils, der Strassenlage, dem Miethpreis der Wohnungen, nach deren Zahl und nach besonderen örtlichen Verhältnissen. Meist wird das Princip der möglichsten Ausnutzung des Raums befolgt, so dass es knapp an der Läsion der Bauordnung hergeht; insbesondere werden Hof und Gartenraum auf das gesetzlich niedrigste Maass beschränkt. Zahlreiche Räume pflegen ungünstig belichtet und der Luft wenig zugänglich zu sein. Unrichtigerweise werden die hellen Vorderzimmer vielfach als „Salons" ausgestattet und die ungünstigeren Hinterzimmer als Schlaf- und Kinderzimmer. Sehr mangelhaft sind häufig die Schlafräume für die Dienstboten. Selbst in eleganten Wohnungen

fehlt es ferner an den hygienisch so wichtigen zweckmässigen Aufbewahrungsräumen für Speisen. Die Aborte sind vielfach vom Haupttheil des Korridors oder vom Treppenhaus zugänglich und ungenügend ventilirt.

Alle diese Verhältnisse werden erheblich günstiger, wenn auf einem Bauterrain, welches durch den Bebauungsplan für höchstens

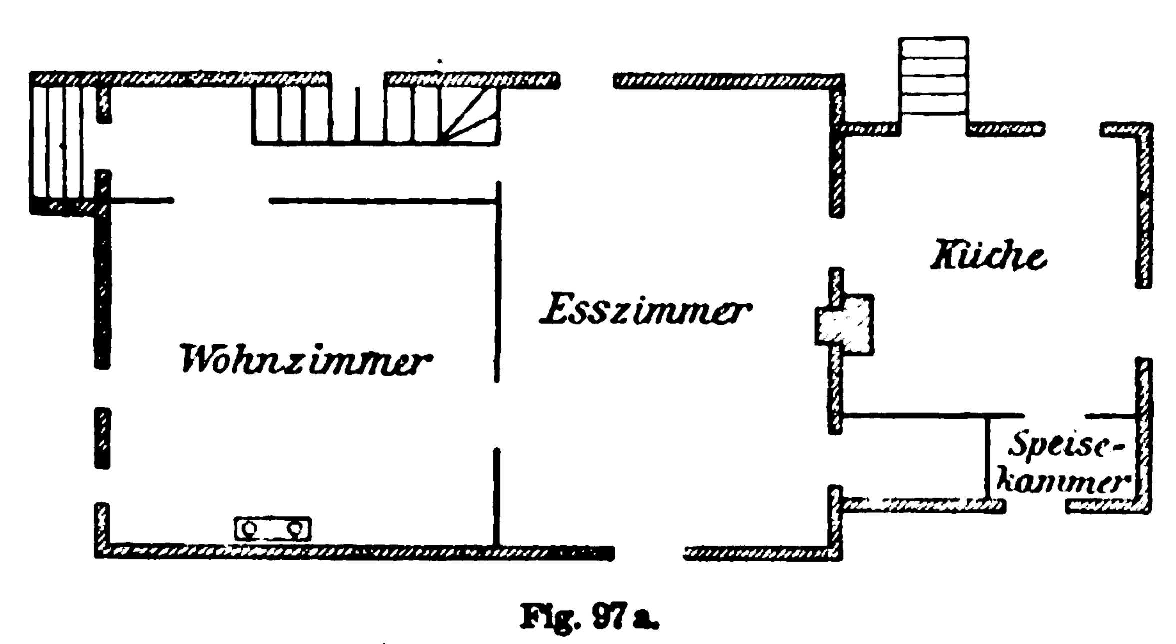


Fig. 97 a.

zweigeschossige Häuser mit offener Bauweise festgelegt ist, Miethhäuser errichtet werden, die nur eine kleine Anzahl von Familien aufnehmen. Der Werth der Grundstücke ist dann so viel niedriger, dass der Besitzer nicht in dem Maasse wie in der vorerwähnten Bauklasse

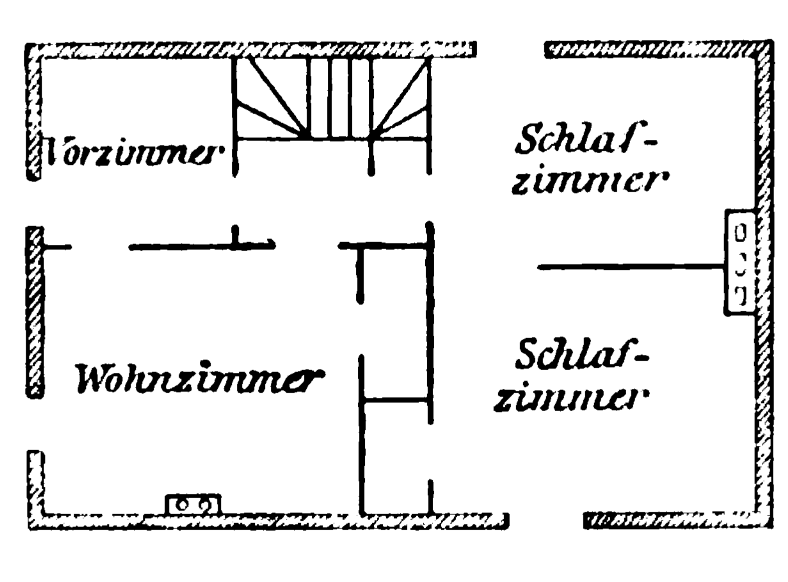


Fig. 97 b.

den Raum auszunutzen braucht. Dementsprechend treten die hygienischen Mängel zurück.

Noch günstiger liegen die Verhältnisse beim Einfamilienhaus. Für besser situirte Familien variirt hier der Bauplan je nach der Grösse der Familie und nach der Zahl und Ausstattung der Räume bedeutend. Ein gewisses Schema wird in den nordamerikanischen Vorstädten eingehalten. Die „3000-Dollar"-Häuser (Fig. 97 a u. b.) enthalten dort im Erdgeschoss Vorraum, Wohnzimmer und Esszimmer, im oberen Geschoss die Schlafräume, in einem besonderen an das Esszimmer anstossenden

Anbau mit separatem Eingang die Küche und Speisekammer. Je nach Bedarf kann dieser entschieden praktische Grundriss erweitert werden.

Neuerdings gehen die Bestrebungen besonders dahin, für Arbeiter Einfamilienhäuser herzustellen. Der Raum kann alsdann erheblich reichlicher, mindestens doppelt so hoch pro Bewohner, bemessen werden, als im städtischen Miethhaus. Für jede Familie ist eine Küche mit zweckmässigem Speiseschrank, ein Wohnzimmer und ein oder zwei Schlafzimmer als Minimum vorzusehen; ferner etwas Bodenraum, ein Abort, unter Umständen ein kleiner Stall. Ein Zuviel von Räumen verführt zur Aftervermiethung und Schlafburschenwesen. Zu grosse Räume erfordern zu viel Heizung und Reinigung. Besondere Ventilationseinrichtungen sind unnöthig; der Arbeiter pflegt sie stets ausser Funktion zu setzen. Der Wasserbezug und die Beseitigung der Abwässer muss nach Möglichkeit erleichtert sein.

Die Häuser sind in offener oder halboffener Bauweise auf dem Terrain so zu vertheilen, dass schematische Regelmässigkeit und uniformes Aeussere nach Möglichkeit vermieden wird, und dass zahlreiche Unterbrechungen der Häuserreihen durch Plätze und Anlagen geschaffen werden.

Nicht immer ist für jede Familie ein einzelnes Haus zu ermöglichen. Alsdann sind auch zwei, vier und mehr Familien in einem

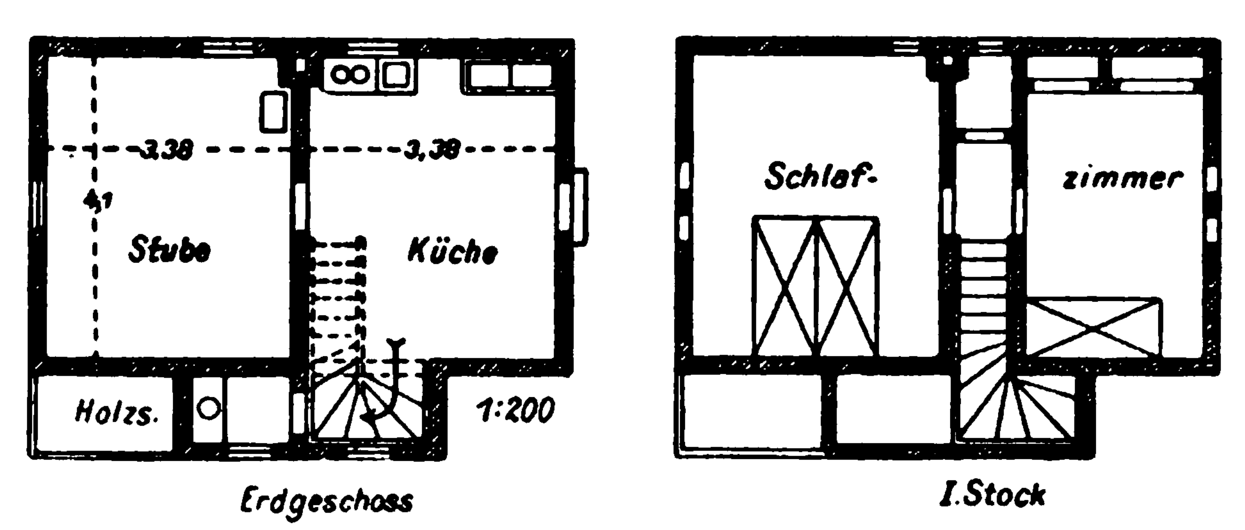


Fig. 98. Einzelwohnhaus für Arbeiter.

Hause unterzubringen, dabei aber der Grundriss doch so zu gestalten, dass jede unfreiwillige Collision zwischen den Familien vermieden wird und der Eindruck des eigenen Heims erhalten bleiben kann.

Ein Beispiel eines völlig freistehenden Einfamilienhauses für Arbeiter bietet der Grundriss Fig. 98. Diese Bauart ist jedoch wegen der Ausdehnung der Aussenmauern zu kostspielig; die Dimensionen sind ausserdem etwas reichlich bemessen. — Besser bewährt haben sich Doppelhäuser, die eine Wand gemeinsam haben und deren jedes für eine Familie bestimmt ist. Hier empfiehlt sich z. B. der in

Figg. 99 a und b gezeichnete Grundriss. Das Haus hat die Eingänge nicht neben einander an der Strassenfront, sondern an den entgegen-

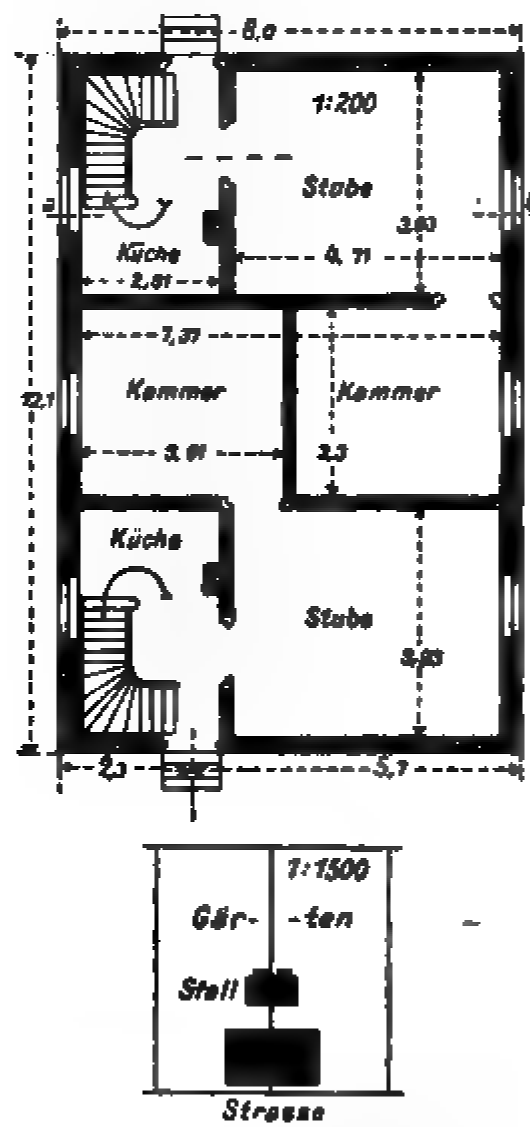


Fig. 99 a u. b. Doppelhaus.

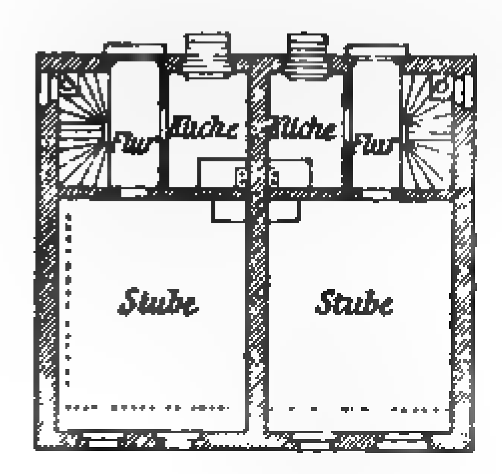


Fig. 100. Doppelhaus (Erdgeschoss).

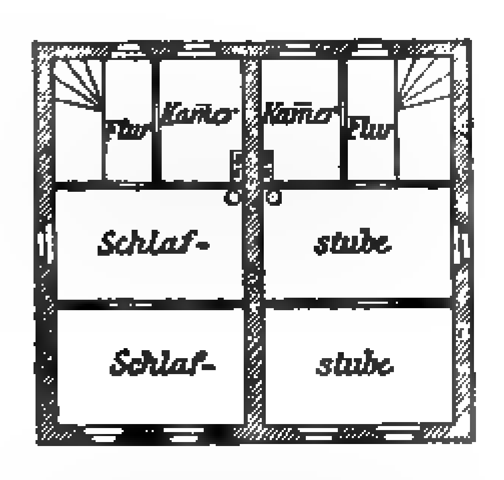


Fig. 101. Doppelhaus (Obergeschoss).

gesetzten Seiten, so dass die Bewohner möglichst wenig in Berührung treten. Hinter dem Hause liegt ein kleines Gebäude für Stall und Abort; dahinter Gartenland, jede Hälfte von der anderen durch Hecken geschieden. Die Kosten des halben Doppelhauses betragen 2200 bis 2500 Mark. — Oder der noch einfachere Grundriss Figg. 100 und 101.

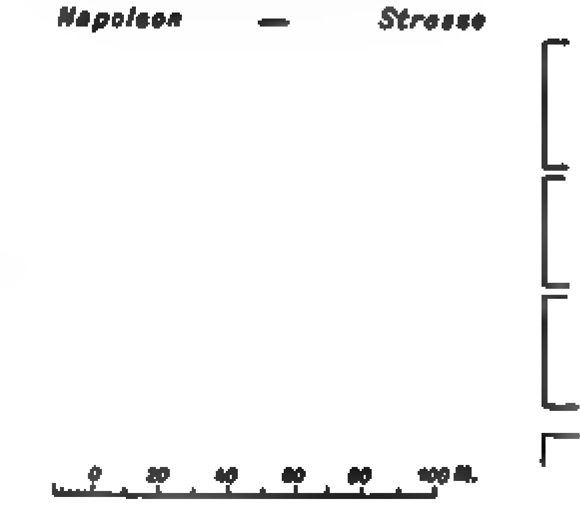


Fig. 102. Arbeiterquartier in Mülhausen i. E.

Eine der ersten Arbeiterkolonien bildeten die in Mülhausen im Elsass gebauten Vierhäuser, bei welchen je vier quadratische einstöckige Häuser so vereinigt sind, dass sie ein grösseres Quadrat bilden. Fig. 102 zeigt einen Strassenplan mit solchen Häuservierecken, deren jedes von einem Garten-

viereck umgeben ist; jedes Viertel umfasst einen Flächenraum von circa 180 qm. Die Gärten (theils Zier-, theils Gemüsegarten, theils Wirthschaftshof) sind durch Zäune und lebende Hecken getrennt.

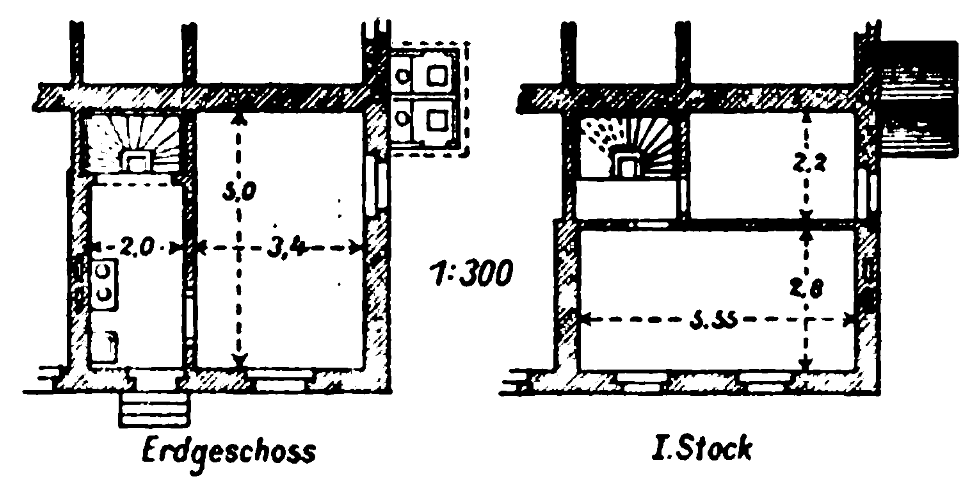


Fig. 103. Grundriss der Mühlhäuser Vierhäuser.

Der Grundriss (Fig. 103) zeigt im Erdgeschoss die Küche (durch dieselbe erfolgt der Eingang) und ein Wohnzimmer, im oberen Stock-

Fig. 104. Vierfamilienhaus.

Fig. 105. Vierfamilienhaus.

Fig. 106. Reihenhaus.

werk zwei Schlafkammern. Die Baukosten betragen etwa 2000 Mark. Ein anderes zweckmässig angeordnetes Vierfamilienhaus zeigen die Figg. 104 und 105.

Noch etwas billiger stellen sich die Reihenhäuser, welche in langer geschlossener Reihe eine grössere Anzahl von zweigeschossigen Einfamilienhäusern vereinigen (Fig. 106). Hof- und Gartenraum sind ebenfalls für jede Familie abgegrenzt.

Der Bau aller derartiger Arbeiterhäuser erfolgt fast nur unter Mitwirkung der Arbeitgeber oder gemeinnütziger Gesellschaften. Oft wird dabei beabsichtigt, den Arbeiter das Haus wo möglich als Eigenthum erwerben zu lassen; und dies kann dadurch geschehen, dass ihm Baudarlehen zinsfrei bezw. gegen niedrigen Zinsfuss oder Baudrämien gewährt werden, dass aber der Arbeiter dann nach gewissen Vorschriften den Bau ausführt. Oder der Arbeitgeber baut die Häuser, vermiethet sie an Arbeiter, diese können aber durch allmähliche Tilgung der Baukosten das Haus als Eigenthum erwerben. In Mülhausen im Elsass. z. B. kostete das Einfamilienhaus 2640 Mark incl. zugehöriger Gartenfläche. Bei Unterzeichnung des Kaufkontrakts wurden 160—240 Mark eingezahlt; die Miethe betrug monatlich 14,40 Mark. Wurden statt dessen monatlich 20 Mark bezahlt, so war der Miether nach etwa 17 Jahren Eigenthümer des Hauses. — Der Gesichtspunkt der Eigenthums-Erwerbung ist besonders von einigen staatlichen Arbeitgebern durchgeführt; der Bergfiskus hat namentlich grosse Summen als Bauprämien und unverzinsliche Darlehen an baulustige Arbeiter aufgewendet, so dass von den Arbeitern der Staatsbergwerke in Saarbrücken 42 Procent, in Halle 27 Procent, im Oberharz 27 Procent Hauseigenthümer sind. Von anderen Arbeitgebern oder von gemeinnützigen Baugenossenschaften ist dies Princip seltener befolgt, weil die als Eigenthum erworbenen Häuser unter manchen Verhältnissen leicht vom Arbeiter veräussert werden, in Spekulationshände übergehen und dadurch ihrer eigentlichen Bestimmung entzogen werden können.

Meistens werden daher die Arbeiter nur Miether des vom Arbeitgeber oder von Genossenschaften erbauten und diesen gehörigen Einfamilienhauses; indess können die Miethsverträge derart sein, dass die Miether keinen Wechsel zu gewärtigen haben und fast ganz die Annehmlichkeiten des eigenen Besitzes geniessen, wenn z. B. eine Kündigung oder eine Miethssteigerung ausgeschlossen wird, so lange der Miether seinen Verpflichtungen nachkommt (Hannoverscher Spar- und Bauverein). — Vielfach sind solche Arbeiterhäuser von staatlichen Betrieben (Eisenbahnfiskus) hergestellt; von Gemeinden bisher nur in beschränktem Umfang. Sehr zahlreiche Arbeiterkolonieen sind von privaten Arbeitgebern errichtet; hier sei nur auf die Firma Krupp in Essen hingewiesen, welche bereits für mehr als 12 Millionen Mark

Arbeiterwohnungen gebaut hat und das Baukapital nur mit etwa 2 Procent verzinst erhält. Ferner haben viele gemeinnützige Gesellschaften, neuerdings auch solche, die aus der Arbeiterschaft selbst gebildet sind, den Bau geeigneter Wohnungen übernommen; diese Baugenossenschaften sind oft sehr wesentlich dadurch unterstützt, dass ihnen billige Creditquellen (z. B. von den Altersversicherungsanstalten) eröffnet sind.

Die Herstellung kleinerer Familienhäuser ist indess naturgemäss nur da nützlich, wo die Preise für Grund und Boden entsprechend niedrig sind. Auf grossen Gebietstheilen in den Aussenbezirken der Städte ist in den letzten Jahren eine solche Bebauung durch die starke Preissteigerung für Grund und Boden unmöglich geworden. In dieser Beziehung muss in Zukunft vorgebeugt werden:

1) durch baupolizeiliche Bestimmungen, namentlich bezüglich der Ausnutzbarkeit der Grundstücke.

2) Durch rechtzeitige Durchführung von Fluchtlinienplänen, so dass die Zahl der am Markt befindlichen Grundstücke möglichst gesteigert wird. Wo die Zersplitterung des Grundbesitzes die Fluchtlinienpläne hindert, muss die Gemeinde das Recht haben zur Umlegung der Grundstücke (Lex Adickes).

3) Durch Besteuerung des unbebauten Geländes, so dass die Zurückhaltung desselben aus speculativen Absichten durch die Grundsteuer unprofitabel wird.

4) Durch möglichste Erweiterung des communalen Grundbesitzes und Verwaltung desselben im Sinne einer rationellen Bauthätigkeit.

5) Durch Kreditgewährung seitens der Gemeinde an geeignete Baugenossenschaften (communale Baukasse).

Auf zahlreichsten Wegen wird somit vorgegangen, um die Wohnungszustände namentlich für die arbeitende Bevölkerung zu bessern; und es ist nicht zu bezweifeln, dass auf diesem Gebiete in den nächsten Jahren mächtige Fortschritte zu verzeichnen sein werden.

Litteratur: Baumeister, Stadterweiterungen u. s. w., Berlin 1874. — Flügge, Anlage von Ortschaften in v. Pettenkofer's und v. Ziemssen's Handbuch der Hygiene, Leipzig 1882. — Verhandlungen des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1888, 1891, 1893 und 1900. — Stübben, Der Städtebau, im Handb. der Architektur, 1891. — Stübben, Hygiene des Städtebaus, in Weyl's Handbuch der Hygiene, 1896. — Nussbaum, Das Wohnhaus. Ebenda 1896. Stübben, Adickes, Albrecht u. A. in „Neue Untersuchungen über die Wohnungsfrage", herausgeg. vom Verein für Socialpolitik, Leipzig 1901.

II. Fundamentirung und Bau des Hauses.

1) Des **Fundament** soll das Haus gegen den Boden wasser- und luftdicht abschliessen. Wasserdicht deshalb, weil sonst das Bodenwasser sowohl von unten wie von der Seite her in die porösen Bausteine eindringt, in diesen capillar in die Höhe steigen und die Keller und unteren Stockwerke feucht halten kann. Ist der Boden unrein, so werden gleichzeitig die Verunreinigungen mit dem Wasser in die Höhe geführt und es kommt zur Bildung von sogenanntem Mauersalpeter.

Die Dichtung der Mauern lässt sich leicht erreichen durch Einlegen einer Asphaltschicht (*A*, Fig. 107 und 108) oder einer Schicht von

Fig. 107. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *L* Luftraum zwischen Hauptmauer und Vormauer.

Fig. 108. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *G* Umlaufender Graben. *K* Wasserablauf.

glasirten Klinkern auf die sogenannte Abgleichungsschicht der Fundamente. Um aber auch das seitliche Eindringen von Feuchtigkeit zu hindern, werden entweder die Seiten der Fundamentmauer stark mit Asphalttheer, besser mit geschmolzenem Ceresin oder Paraffin, imprägnirt, oder es wird eine 12 cm starke Vormauer aus Ziegelsteinen mit Cementmörtel in einer Entfernung von 6—7 cm vom Kellermauerwerk aufgeführt, mit sogenannten Einbindern versehen und oben abgedeckt (Fig. 107). In einigen Städten besteht die nachahmenswerthe Vorschrift, dass ein offener Graben von 1—2 Fuss Weite die Fundamente des ganzen Wohnhauses umgiebt; derselbe führt dann gleichzeitig dem Kellerraum in reichlicherem Maasse Luft und Licht zu (Fig. 108 und

macht diesen für Wohnungen benutzbar. Die ganze Kellersohle ist ausserdem wasser- und luftdicht mit Asphalt und mit einer Isolirschicht herzustellen.

Der geschilderte dichte Abschluss schützt das Haus auch gegen etwaiges Aufsteigen von Bodenluft. Wenn letztere auch nicht, wie man früher annahm, infektiöse Keime in's Haus zu führen vermag, so kann doch leicht eine übelriechende, stark mit Kohlensäure oder gar mit giftigem Leuchtgas beladene Luft vom Boden her in das Haus eindringen, und da eine Durchlässigkeit des Materials hier keinesfalls irgendwelchen Nutzen hat, so ist das Princip der vollkommenen Dichtung so viel als möglich durchzuführen.

2) Die Seitenwände des Hauses. Bezüglich des Materials und der Construction der Seitenwände kommt in Betracht a) die Durchlässigkeit des Materials für Luft; b) seine Aufsaugungsfähigkeit für Wasser; c) die Wärmeleitung und Wärmecapacität des Materials; ferner d) die Dicke der Mauern und e) ihre Wasseraufnahme beim Bau.

a) Früher hielt man eine grössere Durchlässigkeit des Materials für hygienisch vortheilhaft in der Annahme, dass ein wesentlicher Theil der Luftzufuhr zum Wohnraum durch die Poren der Mauern erfolge, und dass dieser Luftwechsel gerade dadurch, dass er sich unmerklich vollzieht und dass die Luft dabei auf die Wandtemperatur erwärmt wird, besonders werthvoll sei.

Die Existenz einer solchen Poren-Ventilation wurde durch zwei Experimente bewiesen; erstens wurde gezeigt, dass der Luftwechsel in einem Zimmer, dessen Fugen, Ritzen und sonstige Undichtigkeiten sorgfältig verklebt werden, immer noch sehr beträchtlich ist, obwohl er sich nunmehr nur durch die Poren der Begrenzungen des Zimmers vollziehen kann. — Derselbe Versuch ist indess später vielfach mit anderem Erfolg wiederholt worden. Sorgt man für dauernd dichten Verschluss aller Ritzen und Fugen und dichtet ausserdem noch Fussboden und Decke des Zimmers, so sinkt der Luftwechsel in dem betreffenden Raum unter gewöhnlichen Verhältnissen auf 0 herab. Nur bei sehr heftigen Winden ist eine geringfügige Ventilation bemerkbar.

Das zweite Experiment bestand darin, dass eine Glasröhre auf die beiden gegenüberliegenden Seiten eines Backsteines aufgekittet und dann die übrige Fläche des Backsteines mit Paraffin oder Theer gedichtet wurde. Es gelingt dann durch Einblasen von Luft in das Glasrohr durch den Backstein hindurch z. B. ein Licht auszublasen. — Nun beträgt aber der Exspirationsdruck beim Blasen leicht 10—20 cm Quecksilber = 1300—2600 kg pro 1 qm Fläche. Mässiger Wind liefert dagegen nur einen Druck von 1—5 kg, starker Wind einen Druck von 20 kg, Sturm einen solchen von 100 kg pro 1 qm, so dass also aus diesem an einem sehr kleinen Querschnitt angestellten Experiment noch keine Folgerungen für den unter dem Winddruck oder durch Temperaturdifferenzen bewirkten Luftdurchgang durch den Stein zu ziehen sind.

Später ist dann die Durchlässigkeit der Steine für Luft genauer quantitativ geprüft. Dabei stellte es sich heraus, dass je nach dem Material bei einem Druck von 1 mm Wasser oder von 1 kg pro Quadratmeter nur 5—50 Liter Luft pro Stunde und pro Quadratmeter Wandfläche passiren; dies macht für ein Zimmer mit 14 qm Aussenwand und für mittleren Wind von 3 kg Druck 0·2—2·0 cbm stündlicher Luftzufuhr, während der Luftbedarf für ein solches Zimmer mindestens 60 cbm pro Stunde beträgt. Ausserdem fand sich, dass die Bekleidung der inneren Wandfläche noch in wechselndem, meist aber sehr erheblichem Grade die Durchlässigkeit herabsetzt; und zwar schon ein Anstrich mit Kalk- oder Leimfarbe, noch mehr ein Tapetenüberzug und wiederum mehr ein Oelfarbenanstrich. Ferner wird die Durchlässigkeit wesentlich geändert durch Befeuchtung des Steins; je nach der Feinheit der Poren tritt hier eine Abnahme um 15—90 Procent ein.

Die Luftzufuhr durch das Baumaterial stellt sich daher für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse, mässigen Wind, der nicht gerade senkrecht auf die Mauern auftrifft, und geringe Temperaturdifferenzen als völlig illusorisch heraus. Nur in einem Fall vermag dieselbe eine nennenswerthe Luftmenge zu fördern, nämlich bei direct auftreffenden heftigen Winden. Dann aber vermitteln schon die zufälligen Undichtigkeiten der Fenster und Thüren einen mehr als erwünschten Luftwechsel, so dass wir der Poren-Ventilation und einer Durchlässigkeit des Baumaterials für Luft völlig entrathen können.

Uebrigens ergiebt sich folgende Reihenfolge für die Permeabilität der Baumaterialien für Luft: am durchlässigsten ist Kalk-Tuffstein; dann folgt Fichtenholz (Querschnitt); dann Luftmörtel, schwach gebrannter Ziegel, stark gebrannter Ziegel, unglasirter Klinker, Portland-Cement, grüner Sandstein, Eichenholz (Querschnitt), Gyps (gegossen), glasirter Klinker.

b) Auch bezüglich der Aufsaugungsfähigkeit für Wasser hatte man früher unrichtige Vorstellungen. Man glaubte, dass die Mauern durchaus porös und im Stande sein müssten, etwaiges an den inneren Wandungen der Wohnräume condensirtes Wasser aufzusaugen und allmählich wieder zu verdunsten; dadurch sollen die Wände trocken gehalten werden, während dieselben bei wasserdichtem Material leicht feucht werden (triefen).

Eine derartige Condensation von Wasserdampf soll indess in normalen Wohnräumen nicht vorkommen. Ist durch stärkere Ansammlung von Menschen oder durch Kochen, Waschen u. s. w. sehr viel Wasserdampf producirt, so ist derselbe zunächst durch Lüftung zu entfernen; reicht diese nicht aus, so findet eine Regulirung durch Condensation an den Fensterflächen statt. Erst wenn auch dann noch ein weiterer Ueberschuss von Wasserdampf vorhanden ist, erfolgt Conden-

sation an der kältesten Wandfläche; am erheblichsten und besonders leicht, wenn etwa eine freistehende, dünne und gut wärmeleitende, z. B. nach Norden gerichtete und stark abstrahlende Wand vorliegt. Metalle, nicht poröse Schlacksteine u. s. w. bilden wegen ihrer guten Wärmeleitung ein besonders zur Condensation disponirendes Material.

Das Feuchtwerden der Wände durch Condensation des im Wohnraum entwickelten Wasserdampfs ist aber eine bei geeigneter Vorsicht vermeidbare Erscheinung, auf welche bei der Auswahl des Baumaterials höchstens insofern Rücksicht genommen zu werden braucht, als man gut wärmeleitendes Material vermeiden muss.

Ausserdem ist aber auch die andere Seite der Mauer zu berücksichtigen. Hier ist gerade das aufsaugungsfähige Material leicht von Nachtheil, weil auftreffende Niederschläge die Wand wiederholt bis in eine gewisse Tiefe durchfeuchten. Das eingedrungene Wasser verdunstet allmählich wieder; dabei findet ein bedeutender Wärmeverbrauch statt und die unter die Norm abgekühlte Wand vermag dann wieder zu Condensation Anlass zu geben.

Demnach haben wir keinerlei Grund, ein für Wasser durchgängiges Baumaterial zu bevorzugen, vielmehr ist eine wasserdichte Oberfläche an der inneren Seite nicht von Nachtheil, an der Aussenseite von entschiedenem Vortheil.

c) Die Baumaterialien sollen schlechte Wärmeleiter sein und geringe Wärmecapacität besitzen, weil alsdann die Regulirung der Temperatur des Hauses wesentlich erleichtert wird. Das schlecht leitende Material hindert im Winter eine zu rasche Entwärmung, im Sommer eine zu schnelle Erwärmung des Hauses. Dichtes Material, Metall, massive Steine leiten die Wärme am besten, Holz am schlechtesten. Unter den Steinen sind die porösen, lufthaltigen (Tuffsteine) die schlechtesten Wärmeleiter. — Absichtlich eingelagerte besondere Luftschichten setzen die Wärmeleitung einer Mauer nach neueren Untersuchungen wenig herab, dagegen bildet sich Schwitzwasser in den Hohlräumen. Letztere sind daher besser mit Kieselguhr, Korkabfällen oder Sand zu füllen.

Bezüglich der Wärmecapacität bieten wiederum die lufthaltigen leichten Baumaterialen insofern einen gewissen Vortheil, als es dann geringerer Wärmemengen bedarf, um die Temperatur der Wände um ein bestimmtes Maass zu ändern. Sollen z. B. 80 cbm Mauerwerk (ein kleines Familienhaus) von 0° auf 15° erwärmt werden, so braucht man bei Sandsteinmauern 353000 Wärmeeinheiten, und zu deren Entwickelung 53 kg Kohle; bei Ziegelmauerwerk 219000 Wärmeeinheiten = 33 kg Kohle, bei Hohlziegeln nur 122000 Wärmeeinheiten = 18 kg Kohlen.

Nebenbei gewährt lufthaltiges Baumaterial, insbesondere extraporöse Ziegel, noch finanzielle Vortheile, indem die Mauern dabei leichter werden und dem ganzen Bau und namentlich den Fundamenten eine geringere Wandstärke und Festigkeit gegeben werden darf.

Lufthaltige Mauern sind daher aus den letztangeführten Gründen entschieden zu bevorzugen, nur ist es nicht nothwendig, dass sie gleichzeitig für Luft und Wasser durchgängig sind. Vielmehr werden sie, nachdem sie trocken geworden sind, am besten innen und aussen mit einer undurchlässigen Deckung versehen. Nach aussen bietet ein Belag mit Schindeln, Schiefer, Dachziegeln, oder Verputz mit Gyps und Wasserglas bezw. ein Anstrich mit Oelfarbe, oder eine Verblendschicht aus undurchlässigem Material Schutz gegen die Durchfeuchtung der Wände; an der Innenseite gewährt Oelfarbenanstrich die Möglichkeit einer leichteren Reinigung und Desinfektion der Wände.

d) Dicke der Mauern. Die Mauern werden entweder massiv oder aus Fachwerk, d. h. mit Einlage von Balken (oder in Eisenconstruction), hergestellt. Die Baugesetze schreiben vor, dass massive Mauern von 3—4 stöckigen Häusern im Parterre $2^1/_2$ Stein = 62 cm stark sein sollen, im ersten und zweiten Stock 50 cm, im dritten und vierten Stock 38 cm. — Bei Fachwerk-Häusern sind die Mauern erheblich dünner; sie müssen bis zum ersten Stockwerk eine Dicke von 25 cm, im zweiten eine solche von nur $12^1/_2$ cm haben. Diese verschiedene Dicke der Mauern ist für die Temperatur-Regulirung des Hauses von grosser Bedeutung. — Bei sehr dicken Mauern ist innen eine besondere Schicht aus extraporösen Ziegeln erwünscht, auf welche nach aussen zunächst ein mit porösem Füllmaterial gefüllter Hohlraum folgt. Diese Schicht trocknet dann leichter und heizt sich schneller an. — Bei Fachwerkbauten, ferner zur Herstellung der Innenwände können Gypsdielen (Gyps mit Rohreinlage), Rabitzputz (Geflecht von verzinktem Eisendraht mit Gypsfüllung), oder feuersichere Moniertafeln (mit Eisenstäben versteiftes Geflecht von Eisendraht, das mit Cementmörtel beworfen ist) und ähnliche künstliche Präparate verwendet werden.

3) Die Zwischenböden. Die richtige Construction der Zwischenböden ist sehr beachtenswerth. Zwischen dem Fussboden der oberen und der Decke der unteren Etagen bleiben Räume frei, welche durch die zwischenlaufenden Balken abgetheilt werden. Diese Hohlräume werden mit porösem unverbrennlichen Material gefüllt, um der Schall- und Wärmeleitung entgegen zu wirken, ferner um Nässe aufzusaugen und dadurch das Balkenwerk gegen Vermoderung zu schützen. Als

Füllmaterial benutzt man Sand, häufiger jedoch Bauschutt, Kohlenstaub, Schlacke, Asche; oft wird sehr unsauberes Material verwendet. Analysen haben gezeigt, dass kein Boden, selbst in der nächsten Nähe von Abortsgruben so hochgradige Verunreinigungen erkennen lässt, wie die Füllungen mancher Zwischenböden. Ausserdem wird auch das reinste Material gewöhnlich mit der Zeit stark verunreinigt. Durch die Ritzen und Fugen des Fussbodens dringt Scheuerwasser, Waschwasser u. s. w.; mit diesen Sputa, eingeschleppte Erde und dergl. ein. Die dabei in das Füllmaterial gerathenen Mikroorganismen werden dort offenbar gut conservirt, ähnlich wie in natürlichem Boden. Aus den Zwischenböden gelangen sie dann leicht wieder in das Zimmer, da bei jeder stärkeren Erschütterung Wolken trockenen Staubes die gewöhnlich vorhandenen groben Fugen des Fussbodens zu durchdringen pflegen. Es darf demnach nicht befremden, dass wiederholtes Auftreten von ansteckenden Krankheiten in denselben Wohnräumen zu verschiedenen

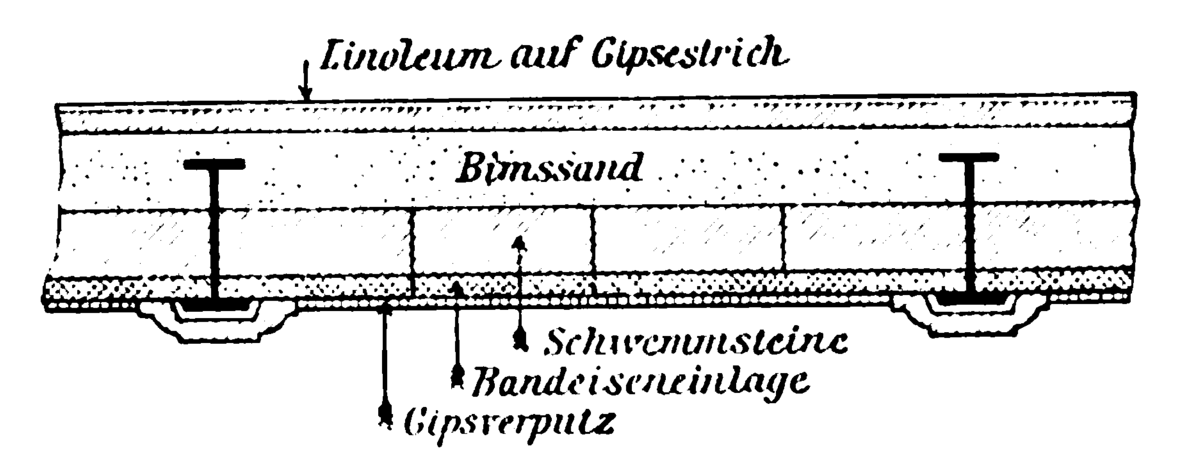


Fig. 109.

Malen mit Wahrscheinlichkeit auf Infektion vermittelst der Zwischenböden zurückgeführt werden konnte; und wir haben jedenfalls allen Grund, die Zwischenböden so zu construiren, dass es zu keiner Verunreinigung mit saprophytischen und pathogenen Bakterien kommen kann.

Zunächst ist von vornherein nur unverdächtiges Füllmaterial auszuwählen, z. B. reiner Sand. Auch lässt sich mit Vortheil leichteres Material, wie Kieselguhr, Schlackenwolle verwenden. Diese Materialien haben so geringes Gewicht, dass man mit denselben den Zwischenboden in höherer Schicht füllen und dadurch die Schallleitung weit besser hindern kann, während bei Verwendung von Sand u. s. w. ein grösserer Theil des Zwischenbodens frei gelassen werden muss, weil sonst die Belastung zu stark werden würde. Ausserdem ist unter den Dielen des Fussbodens jedenfalls eine undurchlässige Schicht anzubringen, um spätere Verunreinigung zu vermeiden; z. B. sind die Dielen in heissen Asphalt einzulegen, oder es ist Superatorpappe einzuschalten u. dergl. — Statt des Holzwerks, das gegen Parasiten besonders geschützt werden muss und Feuersgefahr bietet, wird neuerdings meist Eisenconstruction

verwendet. Ein Beispiel solchen Arrangements (nach NUSSBAUM) giebt Fig. 109. — Der Fussboden selbst ist möglichst dicht zu fugen. Vorhandene Ritzen sind mit Holzleisten und Kitt auszufüllen; die Dielen sollen mehrfach mit heissem Leinöl getränkt oder mit Oelfarbenanstrich oder Wachsüberzug versehen und dadurch ein völlig undurchlässiger und leicht zu reinigender Fussboden hergestellt werden.

4) Dach; Treppen; Fenster. Das Dach soll undurchlässig für Wasser, nicht zu schwer sein und im Sommer die Insolationswärme, im Winter die Kälte nicht leicht durchdringen lassen. Metall- und Schieferdächer sind womöglich mit Isolirschichten zu unterlegen. In jedem Falle müssen zwischen Dach und Decke des obersten Stockwerkes reichliche Oeffnungen vorhanden sein, durch welche während des Sommers ein starker Luftstrom streichen und die Fortleitung der Insolationswärme hindern kann. — Die Treppen sind so viel als möglich feuersicher in Stein, Eisen oder mit Ueberzug von Cementmörtel herzustellen; ferner sollen sie bequem und sicher zu begehen sein, d. h. breit, nicht zu steil und nach höchstens 15 Stufen von einem Absatz unterbrochen. — Die Fenster sind theilweise mit Scheiben zu versehen, die für eine Lüftung des Zimmers verwendet werden können (s. unten). — Ueber alle Einzelheiten, die beim Bau und der Ausstattung des Wohnhauses sonst in Betracht kommen, siehe das unten citirte Werk von NUSSBAUM.

Litteratur: Deutsches Bauhandbuch, Handbuch der Architektur. — NUSSBAUM, Das Wohnhaus, in WEYL's Handb. der Hygiene 1896. — v. ESMARCH, Hygienisches Taschenbuch 1896.

III. Austrocknungsfrist; feuchte Wohnungen.

Feuchte Wohnungen wirken nachtheilig auf die Gesundheit hauptsächlich dadurch, dass sie leicht Störungen der Wärmeregulirung des Körpers veranlassen. Die feuchten Wände sind in Folge der fortgesetzten Verdunstung und der besseren Wärmeleitung des feuchten Materials abnorm niedrig temperirt; Kleider, Betten u. s. w. werden ebenfalls feucht und zu guten Wärmeleitern. So kommt es vielfach zu unmerklicher stärkerer Wärmeentziehung vom Körper. — Ausserdem begünstigt die Feuchtigkeit die Conservirung von Krankheitserregern und die Entwickelung von saprophytischen Bakterien und saprophytischen Schimmelpilzen (Penicillium); namentlich die letzteren etabliren sich an den Wänden, auf Stiefeln und verschiedenen Ge-

brauchsgegenständen, ferner auf Nahrungsmitteln, namentlich Brot. Durch diese Pilzwucherungen entsteht eine modrige, dumpfige Beschaffenheit der Luft, welche die Athmung beeinträchtigt. Ein Wachsthum von Krankheitserregern oder von infektiösen Schimmelpilzen findet auf feuchten Wänden u. s. w. nicht statt, schon weil die Temperatur immer zu niedrig ist. — Das Holz feuchter Wohnungen ist durch den Hausschwamm gefährdet, einen Pilz, dessen Mycelfäden das Holz vollständig durchwuchern und zum Zerfall bringen. Das Mycel wuchert ausschliesslich im Dunkeln und in feuchtem Substrat, es bildet allmählich grosse weisse Polster, auf denen erst später an der äusseren Seite des Holzwerks die braunen Sporenlager sich bilden (s. S. 29). Licht und bewegte, austrocknend wirkende Luft, die durch Luftkanäle dem Balkenwerk zugeführt wird, hindern die Wucherung des Pilzes. Imprägnirung des Holzes mit Zinkchlorid scheint dauernd, mit Kreosotöl (Carbolineum) für einige Zeit zu schützen. — Dem Hausschwamm scheint im übrigen keine specifische hygienische Bedeutung zuzukommen; weder das Mycel noch die Sporen vermögen Infektionen beim Warmblüther auszulösen, vielmehr hört bei Körpertemperatur jede Weiterentwickelung des Pilzes auf. Nur der modrige Geruch der älteren Vegetationen des Pilzes beeinträchtigt wie andere üble Gerüche die Athmung. — Das gleiche gilt von der durch Polyporus vaporarius hervorgerufene sogenannte Rothstreifigkeit des Kiefern- und Tannenholzes.

Abnorme Feuchtigkeit der Wohnungen entsteht 1) durch das beim Bau eingeführte und nicht vollständig wieder verdunstete Wasser. Während des Baues werden grosse Wassermengen in die Hausmauern eingeführt, weil das Mauern meistens im nassen Zustande des Materials geschieht. Gewöhnlich wird der ganze Ziegel in Wasser getaucht; behauene Steine werden stark mit Wasser besprengt. Im Durchschnitt werden dabei 10—20 Procent des Volums der Steine mit Wasser gefüllt. Da die Wände eines mittleren Wohnhauses etwa 500 cbm Mauerwerk ausmachen, so enthalten diese also 50—100 cbm mechanisch beigemengtes Wasser. — Die Befeuchtung ist nöthig, um ein Haften der Bindemasse zu ermöglichen. Als letztere dient gewöhnlich Mörtel, der aus einem Theil gelöschten Kalk und 2—3 Theilen Sand bereitet wird. Der frische Mörtel enthält im Mittel auf 1 cbm 150 Liter Wasser, ausserdem noch Hydratwasser und zwar pro cbm etwa 100 Liter. Für je 100 cbm Mauerwerk gebraucht man theils zum Füllen der Fugen, theils zum Verputz, etwa 12 cbm Mörtel, für ein Haus von 500 cbm Mauer mithin 60 cbm Mörtel. In dieser Mörtelmasse sind dann 10 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm

Hydratwasser enthalten; und in Summa finden sich also in einem Neubau von der bezeichneten Grösse 90—110 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm chemisch gebundenes (Hydrat-)Wasser.

Diese ganze kolossale Wassermasse muss wieder fortgeschafft werden, ehe das Haus bewohnbar ist. Es geschieht dies bei warmem trockenem Wetter genügend rasch unter dem Einfluss der freien Luft; oft muss eine künstliche Beschleunigung stattfinden durch Heizen oder Einhängen von Coakskörben bei offenen Fenstern (event. auch künstliches Eintreiben erwärmter Luft). — Sehr wichtig ist, dass das Verputzen nicht eher erfolgt, als bis das Rohmauerwerk vollständig ausgetrocknet ist.

Bezüglich der Mittel zum Austrocknen der Neubauten begegnet man häufig einer irrigen, in früherer Zeit von LIEBIG aufgestellten Ansicht. Nach LIEBIG soll die Feuchtigkeit neugebauter Häuser vorzugsweise dadurch bedingt sein, dass der Aetzkalk des Mörtels allmählich eine Umwandlung in Calciumcarbonat erleidet, und dass dabei das Hydratwasser frei wird. Das sogenannte „Trockenwohnen“ sollte wesentlich darauf beruhen, dass die Bewohner viel Kohlensäure liefern und so die Umwandlung des Aetzkalks in Calciumcarbonat beschleunigen. Demnach würde das beste Mittel zur Austrocknung von Neubauten darin bestehen, dass Kohlensäure-Apparate und offene Kohlenbecken in den Räumen aufgestellt werden. — Aus den oben gegebenen Zahlen ist indess ohne Weiteres ersichtlich, dass die weitaus grösste Masse des in einem Neubau steckenden Wassers mechanisch beigemengt ist; das Hydratwasser macht nur etwa 5—10 Procent der ganzen Wassermasse aus und tritt an Bedeutung hinter jenem weit zurück. Dem entsprechend sind Neubauten nicht vorzugsweise durch Kohlensäure zu trocknen, sondern in erster Linie durch Verdunstung der grossen Wassermassen. Dass austrocknende Luft in der That das wirksamste Mittel zur Beseitigung der Mauerfeuchtigkeit ist, lässt sich schon aus der Erfahrung entnehmen, dass in Ländern, wo die Luft ein starkes Sättigungsdeficit zeigt (Westküste von Nord-Amerika, Aegypten), die neugebauten Häuser sofort beziehbar sind, obwohl denselben hier durchaus nicht mehr Kohlensäure zugeführt wird.

Der schädlichen Wirkung feuchter Neubauten hat man durch Festsetzung einer Austrocknungsfrist in den Bauordnungen vorzubeugen gesucht. Nach den obigen Ausführungen ist es sehr schwierig, eine solche je nach dem Klima und nach der Jahreszeit richtig zu bemessen. In Norddeutschland schwankt sie zwischen 6—12 Wochen. Wünschenswerth ist es, in allen Zweifelsfällen die Beziehbarkeit eines Neubaues von einer Feststellung der Mauerfeuchtigkeit nach der unten angegebenen Methode der Wasserbestimmung in Mörtelproben abhängig zu machen. Der Wassergehalt des Putz- und Fugenmörtels darf nicht über 2 Procent betragen. Die Proben sollen aus einem im untersten Wohngeschoss nach der Schatten- und Wetterseite gelegenen Raum entnommen sein. Werden diese Wände genügend

trocken gefunden, so darf auf das gleiche Verhalten des ganzen Hauses geschlossen werden.

2) Eine fernere im Bau belegene Ursache abnormer Feuchtigkeit von Wohnungen kann der mangelhafte Abschluss der Fundamentmauern gegen die Bodenfeuchtigkeit und das Grundwasser sein. Nachträglich ist dieser Fehler nur schwer vollständig wieder gut zu machen.

3) Hauswände, die nach der Wetterseite liegen und von Schlagregen getroffen werden, und die ausserdem Nachts frei gegen den Horizont ausstrahlen und daher abnorme Abkühlung erfahren, sind oft andauernd feucht, namentlich wenn sie an ihrer äusseren Fläche aus porösem, aufsaugungsfähigem Material hergestellt sind. — Hier kann durch Anbringung der oben beschriebenen undurchlässigen und zugleich die Abkühlung hemmenden Bedeckungen oder durch Isolirschichten Abhülfe gewährt werden.

4) Kellerwohnungen, die zu tief unter die Bodenoberfläche herabreichen und in denen intensive innere Wärmequellen (Caloriferen oder Dampfkessel von Centralheizungen) fehlen, zeigen regelmässig feuchte Wände, weil diese so niedrige Temperatur haben, dass aus wärmerer Aussenluft, ebenso aber aus der mit Wasserdampf erfüllten Luft des Wohnraums sich Condenswasser auf ihnen niederschlägt. — Vielfach hat man aus diesem Grunde, ferner wegen der geringen Licht- und Luftzufuhr zu Kellerräumen, diese als überhaupt ungeeignet zum Wohnen bezeichnet. Indessen sind doch Constructionen ausführbar, durch welche die Nachtheile vollkommen beseitigt werden. Sind die Fundamentmauern gut gedichtet, ist eventuell das Haus von einem Lichtgraben umzogen (S. 367), sind die Fenster hoch und der Fussboden nicht zu tief unter die Bodenoberfläche gelegt, so entstehen Wohnungen, welche keine wesentlichen hygienischen Nachtheile darbieten, dagegen gegenüber den hochgelegenen Stockwerken den grossen Vorzug niederer Hochsommertemperaturen haben. Nachweislich ist insbesondere die Sterblichkeit der Säuglinge an Cholera infantum in den Kellerwohnungen eine auffällig geringe, auch wenn die Bewohner grossentheils dem Proletariat angehören.

Kellerräume, welche nicht in der oben beschriebenen Weise hergerichtet sind, dürfen allerdings nicht als Wohnräume zugelassen werden. In den meisten Städten bestehen bereits Verordnungen, welche Kellerwohnungen, deren Fenster nach Norden oder nach bebauten Höfen gehen, verbieten; ferner ist zu verlangen, dass der Fussboden der Wohnräume nicht mehr als 0·5 m unter der Bodenoberfläche liegt. Weitere Bestimmungen über die minimale lichte Höhe, die

Grösse der Fenster, die zulässige Tiefe der Räume und die Isolirung der Kellersohle und der Mauern sind behufs sicheren Ausschlusses aller hygienischen Gefahren wünschenswerth.

5) Auch unabhängig von der Bauart des Hauses kann abnorme Feuchtigkeit der Wohnung auftreten, selbst in älteren Häusern und in früher trocken gewesenen Wohnungen. Abgesehen von Durchfeuchtungen einzelner Wandtheile durch Defekte an Wasser- und Abwasserleitungen tritt zuweilen ein Feuchtwerden der Innenwände durch Condensation des Wasserdampfs der Luft ein. Vorübergehend kann dies in jeder Wohnung erfolgen, wenn nach längerer kühler Witterung warme feuchte Aussenluft reichlich mit den kälteren Innenwänden in Berührung tritt. Besonders leicht tritt eine solche Condensation ein, wenn Wände einer Wohnung abnorm niedrig temperirt sind, wie im Kellergeschoss oder Giebelwände nach der Schattenseite.

Zu dauernder und intensiver Bildung von Schwitzwasser an den inneren Wandflächen kommt es durch reichliche Wasserdampfproduction im Wohnraum. Ist letzterer übervölkert, so genügt schon die Wasserdampfausscheidung der Menschen zur Bildung von Schwitzwasser; meistens tritt noch Wasserdampfentwickelung durch Kochen, Waschen u. s. w. hinzu. In solcher Weise ist schliesslich in jeder Wohnung Wandfeuchtigkeit zu erzielen; die Ursache derselben liegt dann nur nicht an der Wohnung, sondern in der missbräuchlichen Benutzung derselben durch die Bewohner. Oft haben frühere oder spätere Bewohner der gleichen Wohnung nicht über Feuchtigkeit zu klagen gehabt, weil sie nicht so viel Wasserdampf producirten und bei gelegentlicher stärkerer Production, namentlich dann, wenn starke Condensation an den Fensterscheiben die nahende Sättigung anzeigte, durch Lüftung oder Einschränkung der Production die Wände vor Durchfeuchtung schützten. — In der Praxis wird man bei der Beurtheilung einer feuchten Wohnung sehr mit dieser Quelle der Wandfeuchtigkeit rechnen müssen. Eine Entscheidung darüber, ob bauliche Einflüsse oder die Art der Benutzung betheiligt sind, erfolgt am besten dadurch, dass man gleichgerichtete Wohnungen in anderen Geschossen desselben Hauses zum Vergleich heranzieht.

Eine zuverlässige Bestimmung des Feuchtigkeitszustandes einer Wohnung und eines Hauses erfolgt durch Ermittelung des Wassergehalts von Mörtelproben, sowohl Putz- wie Fugenmörtel, die aus den fraglichen Mauern entnommen sind; und zwar entnimmt man mittelst stählerner Stanze oder eines Hohlmeissels etwa 4 Proben von je 10—20 g Putz- und Fugenmörtel. Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgt durch Trocknen im Vacuum oder in einem auf 100° erwärmten von CO_2 und H_2O befreiten Luftstrom. Die Bestimmung ist in wenigen Stunden auszuführen. Mörtel aus trockenen Mauern

enthält 0·5—1·0 Procent Wasser; bei bewohnbaren Neubauten höchsten 2 Procent Wasser. — Bei stärkeren Graden von Feuchtigkeit geben schon feuchte Flecke und Schimmelpilzbildung an den Wänden, Schimmelwucherung auf frischem Brot, auf Stiefeln, der modrige Geruch, Schwammbildung u. s. w. gewisse aber oft trügerische Anhaltspunkte.

Litteratur: Lehmann und Nussbaum, Feuchtigkeit von Neubauten, Arch. f. Hygiene. 1889. — Emmerich, ibid. 1892. — Nussbaum, Hueppe, Das Wohnhaus, in Weyl's Handb. d. Hygiene, 1896.

IV. Temperatur-Regulirung der Wohnräume.

Während im Freien die Entwärmung unseres Körpers verhältnissmässig leicht von Statten geht, weil namentlich durch Leitung und Wasserverdampfung viel Wärme abgegeben werden kann, fungiren diese beiden Wege in Wohnräumen fast gar nicht, und es kommt bei einer Steigerung der Temperatur viel leichter zur Wärmestauung.

Findet ferner im Freien eine stärkere Wärmeentziehung statt, so können wir meist durch raschere Bewegung einer fühlbaren Entwärmung des Körpers vorbeugen. Im Zimmer sollen wir uns dagegen bei andauernd ruhigem Aufenthalt behaglich fühlen, und dementsprechend sind wir gegen ein Absinken der Temperatur ausserordentlich viel empfindlicher. Die Wärmeschwankungen innerhalb des Wohnraums dürfen sich daher nur in sehr engen Grenzen bewegen; bei Winterkleidung zwischen 17 und 19°, bei Sommerkleidung zwischen 19 und 23°. Um diese Temperatur das ganze Jahr hindurch herzustellen, bedarf es einer Reihe von künstlichen Vorrichtungen, die im Folgenden näher zu besprechen sind.

A. Temperatur-Regulirung im Sommer.

Für die Temperaturverhältnisse des Wohnraumes im Sommer ist es von grosser Wichtigkeit, dass die Lufttemperatur des Zimmers vollständig abhängig ist von der Wandtemperatur. Die Wände stellen ungeheure Wärmereservoire dar, welche im Stande sind, das Vielfache der Zimmerluft auf den gleichen Temperaturgrad zu erwärmen, ohne dass sie selbst eine wesentliche Aenderung der Temperatur erfahren.

Nun werden aber die Wände und das Dach des Hauses direct durch die Sonnenstrahlen beeinflusst, und in Folge dessen erhalten wir innerhalb der Wohnung häufig Temperaturen, welche weit über die Luftwärme im Freien hinausgehen.

Die Insolationswärme einer Mauer hängt ab 1) von ihrer Dicke; je geringer dieselbe, um so höher wird die Innentemperatur und die Lufttempe-

ratur des Wohnraumes. Bei sehr dicken Wandungen kann der allmähliche Ausgleich der Temperatur ein so vollständiger werden, dass, ähnlich wie in tieferem Boden, die Tages- und selbst die Monatsschwankungen der Temperatur an der Innenfläche nicht bemerkbar werden. 2) Von der Absorption der Sonnen strahlen an der äusseren Oberfläche. Dieselbe ist vorzugsweise abhängig von der Farbe. Da diese aber wenig Differenzen bietet und namentlich die dunkleren Farben beim Anstrich der Häuser fast stets vermieden werden, ist dieses Moment verhältnissmässig wenig einflussreich. 3) Von der Dauer der Bestrahlung. Dafür ist z. B. von Bedeutung die Tageslänge, die nach Klima und Jahreszeit variirt; dann der Grad der Bewölkung; ferner die Himmelsrichtung der bestrahlten Wand. Nordwände erhalten im Sommer nur Morgens und Abends für kurze Zeit Sonnenstrahlen, Südwände 12 Stunden, von 6 Uhr früh bis 6 Uhr Abends, Ostwände von 6 Uhr früh bis Mittags, Westwände von Mittag bis 6 Uhr Abends. 4) Von dem Winkel, in welchem die Sonnenstrahlen auffallen. Die Südwand erwärmt sich z. B. nicht so stark, wie die Ost- und Westwand, weil diese mehr von senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen getroffen werden. Ferner ist in den Tropen die Insolationswärme der Mauern nicht so bedeutend, wie in unserem Klima, weil die Sonne dort höher steht und die Strahlen mehr im spitzen Winkel die Wandungen treffen. Allerdings wird das Dach unter den Tropen um so intensiver bestrahlt.

An der Aussenfläche der bestrahlten Mauern erreicht die Temperatur häufig 40—50°. Diese Wärme wird sehr allmählich durch die Wand fort geleitet und dabei tritt ein steter Verlust von Wärme ein. Die für die Wohnräume maassgebende Temperatur der Innenwände ist daher erheblich abgeschwächt und tritt mit starker zeitlicher Verschiebung auf. Das schliesslich resultirende Verhalten der Wandtemperaturen lässt sich sowohl durch Rechnung auf Grund bestimmter Formeln ableiten, als auch durch in die Wand eingelassene und mit aufwärts gebogener Skala versehene Thermometer beobachten.

Die Beobachtungen haben für den Sommer unseres Klimas ergeben, dass die unbestrahlte Nordwand ungefähr die mittlere Temperatur der äusseren Luft zeigt, dass dagegen schon die Südwand wesentlich höher erwärmt wird; noch wärmer ist die Ost-, am wärmsten die Westwand. — Der Grad der Temperaturerhöhung und die Zeit des Auftretens des Maximums an der Innenfläche lässt sich aus folgendem Zahlenbeispiel entnehmen:

	Bei einer Wanddicke von 15 cm		Bei einer Wanddicke von 50 cm	
	Temperaturgrad	Zeit	Temperaturgrad	Zeit
Nordwand	20°	—	20°	—
Südwand	23°	6h Nachm.	21°	1h früh
Ostwand	28·5°	3h Nachm.	23°	9h Abends
Westwand	30°	9h Abends	24°	3h früh

Die Ost- und Westwände zeigen also auch bei bedeutender Wandstärke an den Innenflächen noch eine Erhöhung um 3 oder 4° über die Temperatur der unbestrahlten Wände, und die höchste Erwärmung der Innenräume durch die Ostwand findet von 7—11 Uhr Abends, durch die Westwand von 1 Uhr bis 5 Uhr früh statt.

Diese Temperaturen erfahren ferner eine erhebliche Steigerung in höheren Etagen. Hier macht sich einerseits der Einfluss des bestrahlten Daches geltend, andererseits summiren sich die Wirkungen der inneren Wärmequellen des Hauses; namentlich liefern die Küchenkamine in die oberen Stockwerke eine bedeutende Wärmemenge. In den höchsten Etagen dicht bewohnter Häuser beobachtet man daher im Hochsommer nicht selten Nachttemperaturen von 28—32° und mehr.

Die intensiven Wärmegrade pflegen sich gewöhnlich erst in der zweiten Hälfte des Juni, resp. im Juli einzustellen, weil der Wechsel der Witterung bis dahin nur selten eine Aenderung der Wandtemperaturen gestattet. Einzelne heisse Tage zeigen nur geringe und vorübergehende Effekte, erst bei länger dauernder Einwirkung einer kräftigen Insolation kommt eine immer höhere Steigerung der Wärme zu Stande.

Wohl zu beachten ist, dass zur Vermittelung der Insolationswärme freistehende fensterlose Wände weitaus am geeignetsten sind. Fenster bilden nur günstig wirkende Unterbrechungen der Wärmereservoire; und der Sonneneinfall durch die Fenster kann verhältnissmässig leicht durch aussen angebrachte Jalousieen und Vorhänge abgehalten werden.

Die Folgen dieser hohen Wohnungstemperaturen unseres Hochsommers bestehen in einer theilweisen Behinderung der Wärmeabgabe und deren Consequenzen. Bei empfindlichen Erwachsenen, Reconvalescenten u. s. w. tritt Erschlaffung, Appetitmangel, schliesslich Anämie auf. Bei kleinen Kindern, die noch nicht selbständig durch Wahl der Bedeckung, durch Bewegung u. s. w. ihre Wärmeregulirung zu unterstützen vermögen, kommt es vielleicht zu wirklich bedrohlicher Wärmestauung. — Ferner tritt in den mit mangelhaften Einrichtungen zur Aufbewahrung der Nahrungsmittel versehenen Wohnungen rasche Zersetzung der Speisen ein. In Fleisch, Milch u. s. w. wuchern die verschiedensten Bakterien, und es häufen sich in Folge dessen die infektiösen Darmerkrankungen. Vor allem werden Bakterienansiedelungen in der Milch durch die hohe Wohnungstemperatur so wesentlich unterstützt, dass die Zahl der Todesfälle an akuten Verdauungsstörungen der Säuglinge geradezu mit diesen Temperaturen zusammengeht und sich von ihnen vollständig abhängig zeigt. Auch für die Ausbreitung

dieser Erkrankungen sind vereinzelte Wärmetage und Perioden des Frühsommers belanglos, während erst längere Wärmeperioden, welche die Häuser stark durchhitzen, zahlreichste Opfer fordern.

Maassregeln zum Schutz gegen die hohe Sommertemperatur der Wohnungen. Zunächst kann ein gewisser Schutz durch die Bauart der Häuser gewährt werden. In südlichen und tropischen Ländern ist letztere in viel ausgesprochenerem Maasse auf eine Fernhaltung der Insolationswärme zugeschnitten, als bei uns. Dort wird entweder das freistehende, einstöckige Haus mit seiner Längsrichtung von Osten nach Westen gestellt und das Dach bis nahe zum Erdboden über die Wände hinweggeführt. Oder in südlichen Städten findet man die Strassen so eng, dass die Häuserfronten der Insolation fast völlig entzogen sind; oder wo dies nicht der Fall ist, liegen die Wohnräume nach dem schattigen Hofe und sind von den bestrahlten Aussenseiten durch zwischenlaufende Gänge und Galerien getrennt; die engen Strassen bezw. die Höfe werden oft zur Zeit der stärksten Sonnengluth mit Stoffen überspannt. Zuweilen sucht man auch Schutz durch extreme Dicke der Mauern; in Indien existiren derartige Wohngebäude, welche in ihrem Innern fast das ganze Jahr hindurch die mittlere Jahrestemperatur zeigen.

Mit Rücksicht auf unseren langdauernden Winter können wir keine von diesen Bauarten acceptiren. Ein sehr zweckmässiges Schutzmittel können wir aber verwenden: eine Bedeckung der Insolationsfläche in einem gewissen Abstand von der Mauer, so dass in dem Zwischenraum Luft circulirt. Die Bedeckung kann entweder in einer dünnen, oben und unten offenen Vormauer aus Kunststein, Holz oder Rohr bestehen; oder auch aus Matten; oder aus rankenden Gewächsen (wilder Hopfen; spanischer wilder Wein). — An einigen Orten hat man Vorrichtungen getroffen, um durch Berieseln der bestrahlten Wände mit Wasser der Insolation entgegen zu wirken; doch scheint sich dieses Mittel nicht bewährt zu haben.

Ferner sollte unter allen Umständen das Dach des Hauses isolirt werden, so dass circulirende Luftschichten zwischen ihm und der Decke des höchsten Stockwerkes eingeschaltet sind.

Ist es nicht thunlich, bauliche Veränderungen des Hauses vorzunehmen, so kann eine vorübergehende Kühlung versucht werden durch Zufuhr kalter Luft zu den überhitzten Wohnräumen. Dabei ist indess wohl zu bedenken, wie ausserordentlich gross die Wärmecapacität der Wände ist, und wie gering dagegen die der Luft. Eine vorübergehende Luftzufuhr hat daher niemals einen genügenden Effekt; sobald die Luftzufuhr aufgehört hat, ist stets nach kurzer Zeit die frühere

Temperatur des Zimmers wieder hergestellt. Eine Unterstützung der Entwärmung unseres Körpers durch Lüftung können wir daher nur dadurch erzielen, dass wir fortdauernd während unseres Aufenthalts im Zimmer einen Luftstrom in dasselbe eintreten lassen, der ausgiebig genug ist, um eine gewisse Menge von Wärme von unserem Körper fortzuführen.

Bei öffentlichen Gebäuden ist zuweilen der Versuch gemacht, künstlich gekühlte Luft den Wohnräumen zuzuführen. Die Kühlung wird durch Eis oder Eismaschinen bewirkt, oder dadurch, dass die Luft längere Strecken in tief in die Erde gelegten Canälen zurückgelegt hat; oder dadurch, dass in solchen Canälen noch eine lebhafte Wasserverdunstung unterhalten ist. In neuerer Zeit wird auch die Expansionskälte zugeleiteter comprimirter Luft zur Kühlung von Wohnräumen verwerthet. Alle diese Mittel wirken indess nur bei ausgiebiger Anwendung und sind bis jetzt noch zu kostspielig, um allgemeiner brauchbar zu werden.

In kleinem Maassstabe sucht man wohl einen Wohnraum dadurch zu kühlen, dass man reichliche Mengen Wasser auf den Fussboden resp. an den Wänden vertheilt und zum Verdunsten bringt. 1 Liter Wasser bindet bei seiner Verwandlung in Dampf 580 Wärmeeinheiten; soll ein irgend erheblicher Betrag von Wärme auf diesem Wege fortgeschafft werden, so sind daher selbst für kleine Räume mindestens 5—10 Liter Wasser in kurzer Zeit zu verdampfen. Dabei liegt aber eine entschiedene Gefahr für die Entwärmung des Körpers darin, dass die steigende Luftfeuchtigkeit die Wasserdampfabgabe vom Körper erschwert und damit einen der wichtigsten Wege der Wärmeabgabe verschliesst. Will man daher nicht eher eine Behinderung der Wärmeabgabe statt der erhofften Erleichterung eintreten sehen, so muss für eine stete Fortschaffung des gebildeten Wasserdampfes durch gleichzeitige reichliche Lüftung gesorgt werden.

Auch die beim Schmelzen des Eises latent werdende Wärme hat man für die Erwärmung von Wohnräumen auszunutzen gesucht. Ein Kilo Eis bindet beim Schmelzen 80 Wärmeeinheiten. Bringt man also beispielsweise 50 Kilo Eis innerhalb einiger Stunden zum Schmelzen, so werden damit 4000 Wärmeeinheiten entfernt. Auch diese Menge reicht aber noch nicht aus, um eine fühlbare Kühlung überhitzter Wohnräume zu bewirken. Ausserdem ist es schwierig, innerhalb kurzer Zeit so bedeutende Mengen Eis zum Schmelzen zu bringen, und es bedarf daher besonderer kostspieliger Apparate mit ausserordentlich grosser Oberfläche, wenn nur eine gewisse Wirkung hervorgerufen werden soll.

B. Temperatur-Regulirung im Winter.

Zur Erwärmung der Räume während des Winters benutzen wir Brennmaterialien, die in besonderen Heizvorrichtungen verbrannt werden.

Die Brennmaterialien sind Stoffe, deren Bestandtheile (vorzugsweise Kohlenstoff und Wasserstoff) sich unter Wärmeentwickelung mit Sauerstoff verbinden, und welche ausserdem die Verbrennung selbstthätig weiter leiten, nachdem sie einmal an einer Stelle auf die Anzündungstemperatur erhitzt sind. Benutzt werden hauptsächlich Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; ferner die durch trockene Destillation des Holzes gewonnene Holzkohle und die bei der Destillation der Steinkohle zurückbleibenden Cokes, beides Brennmaterialien, die aus

verhältnissmässig reinem Kohlenstoff bestehen. Ausserdem werden gasförmige Brennmaterialien benutzt, so das bei der Destillation der Steinkohle gewonnene Leuchtgas, ferner die aus schlechter und direct nicht benutzbarer Braunkohle bereiteten Generatorgase; oder das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxydgas und Wasserstoff, dadurch gewonnen, dass ein Strom von erhitztem Wasserdampf in einem Schachtofen über glühende Kohlen geleitet ist. Endlich kommt neuerdings die elektrische Heizung in Betracht, z. B. dadurch hergestellt, dass ein elektrischer Strom in eine nichtleitende Flüssigkeit geleitet wird. — Aus der folgenden Tabelle ist der kalorimetrische Effekt der Brennmaterialien, i. e. die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheiten bei vollständiger Verbrennung liefern; zweitens der pyrometrische Effekt, i. e. die Heizkraft, der höchste erreichbare Temperaturgrad; und drittens die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge zu entnehmen.

	Calorimetrischer Effekt	Pyrometrischer Effekt	Luftbedarf
1 Kilo Holz	2731 W.-E.	1860°	3·5 cbm
1 „ Torf	2743 „	1829°	3·4 „
1 „ Braunkohle . . .	4176 „	2211°	5·0 „
1 „ Steinkohle . . .	7483 „	2565°	8·2 „
1 „ Holzkohle . . .	7034 „	2574°	7·8 „
1 „ Coks	7065 „	2593°	7·9 „
1 „ Leuchtgas . . .	10113 „	2466°	10·9 „

An die Heizvorrichtungen haben wir folgende Anforderungen zu stellen:

1) Da im Wohnraum zu jeder Zeit die gleiche Temperatur von 17—20° hergestellt werden soll, da aber die Aussentemperatur während der Heizperiode in unserem Klima ausserordentlichen Schwankungen unterliegt, müssen die Heizapparate sehr gut regulirfähig sein. Wir dürfen daher in den Wohnraum keinesfalls Heizkörper von sehr grosser Wärmecapacität stellen, welche sich schwer anwärmen und schwer wieder entwärmen lassen.

2) Die Temperatur soll im ganzen Zimmer gleichmässig vertheilt sein, sowohl in der horizontalen wie in der vertikalen Richtung. Ungleiche Temperaturvertheilung kommt namentlich dann zu Stande, wenn stark erwärmte Heizkörper sich im Zimmer befinden. Es resultirt dann eine sehr rasche Abnahme der Temperatur mit der seitlichen Entfernung vom Heizapparat; ferner eine bedeutend höhere Temperatur in den oberen Luftschichten gegenüber dem Fussboden. Bei derartig ungleicher Erwärmung des Zimmers kann es vorkommen, dass die eine Seite unseres Körpers stark erwärmt wird, während die andere gegen kältere Wandflächen abstrahlt und dass der Kopf wesentlich stärker erwärmt wird als die Füsse. Gerade solche Ungleichmässigkeiten der

Erwärmung führen aber leicht zu einer Störung der Wärmeregulirung und zu Erkältungskrankheiten.

3) Wünschenswerth ist, dass die Heizung einigermaassen continuirlich sich vollzieht und dass namentlich über Nacht nicht eine vollständige Auskühlung der Wohnräume eintritt. Im Anfang der Beheizung kommt es sonst leicht zu ungleichmässiger Entwärmung des Körpers unter dem Einfluss der erkalteten Wandflächen des Zimmers.

4) Die Heizung soll keine gasförmige Verunreinigungen in die Wohnungsluft gelangen lassen. Zu dem Zwecke müssen die Verbrennungsprodukte, die aus Kohlensäure, Stickstoff, Kohlenwasserstoffen, sowie aus dem giftigen Kohlenoxydgas bestehen, vollständig nach aussen geleitet werden.

In früherer Zeit ist es häufiger zu einem Eindringen der Rauchgase in die Wohnung gekommen in Folge frühzeitigen Schlusses der sogenannten Ofenklappen. Dieselben wurden am Uebergange des Ofens in den Schornstein angebracht und sollten nach Beendigung der Verbrennung geschlossen werden, um die Wärme des Ofens vollständiger zurückzuhalten und für das Zimmer auszunutzen. Wurden dieselben aber vor Beendigung der Verbrennung geschlossen, so drangen die Rauchgase, und unter diesen auch Kohlenoxydgas, in die Wohnungsluft ein. Jetzt sind fast überall die Ofenklappen beseitigt und die Regulirung der Feuerung ist in die Ofenthüre, also vor die Feuerung verlegt.

Indessen soll auch dann, wenn die Rauchgase in vorschriftsmässiger Weise abgeleitet werden, zuweilen Kohlenoxydgas in Luft von beheizten Räumen übergehen und zwar durch glühend gewordene gusseiserne Oefen. In der That ist experimentell nachgewiesen, dass glühendes Gusseisen für Kohlenoxydgas permeabel ist. Aber aus diesem Experiment ist nicht zu folgern, dass aus Heizanlagen grössere Mengen von Kohlenoxydgas in die Wohnungsluft übertreten können; denn so lange die Feuerung unterhalten wird, besteht fortwährend ein lebhafter Zug in den Ofen hinein, und es ist daher nicht möglich, dass ein Austritt von Gasen in umgekehrter Richtung erfolgt, so lange noch eine stärkere Entwickelung von Verbrennungsgasen und Kohlenoxydgas stattfindet. Nur wenn die Oefen etwa zu früh geschlossen werden, könnten zunächst und für eine kurze Zeit die Rauchgase unter eine gewisse Spannung gerathen und sich in die Zimmerluft verbreiten. Dieser Ueberdruck geht jedoch bald vorüber, und die geringen inzwischen ausgetretenen Rauchgasmengen sind kaum zu schädigenden Wirkungen im Stande.

Nachweislich entstehen gewisse Mengen von Kohlenoxydgas durch Verbrennung von Staub an der Aussenseite stark geheizter Oefen. Namentlich auf den Caloriferen von Luftheizungsanlagen kommt es oft zu enormen Staubansammlungen und in Folge der Verbrennung derselben zu einem merklichen Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxydgas und brenzlich riechenden Produkten.

5) Die Heizung soll der Wohnungsluft so wenig als möglich Staub zuführen. Torf, Kohle, Coks liefern beim Beschicken der Oefen die grössten Staubmengen. Es ist daher wünschenswerth, dass bei diesen Materialien die Beschickung so selten als möglich, und wenn es irgend geht, ausserhalb des Wohnraumes erfolgt. — Ausserdem bewirken die warmen Heizkörper eine lebhafte Circulation der Innenluft und eine stete Zufuhr von Aussenluft (s. unter 7). Dadurch kann Staub eingeführt und namentlich aufgewirbelter Staub lange schwebend erhalten werden. Die Schwärzung der Zimmerwände hinter den Heizkörpern rührt von den fortgesetzt durch aufsteigende Luftströme dorthin geführten Staubtheilchen her.

6) Die Luft des beheizten Wohnraumes soll einen bekömmlichen Feuchtigkeitsgehalt haben.

Die Aussenluft hat im Winter in Folge ihrer niederen Temperatur eine sehr geringe absolute Feuchtigkeit, beispielsweise bei 0° und 100 Procent Sättigung nur 4·6 mm Wasserdampf. Tritt nun diese Luft in das Zimmer und wird dort auf 20° erwärmt, ohne dass sie weiteren Wasserdampf aufnehmen kann, so entsteht ein sehr bedeutendes Sättigungsdeficit. Die Luft vermag bei +20° bis zu 17·4 mm Wasserdampf aufzunehmen; finden sich aber nur 4·6 mm vor, so beträgt die relative Feuchtigkeit nur 26 Procent und das Sättigungsdeficit 13 mm. Je niedriger die Aussentemperatur, je höher dagegen die Temperatur der Wohnungsluft ist, um so geringer muss die relative Feuchtigkeit und um so grösser das Sättigungsdeficit ausfallen.

Im Allgemeinen ist daher jede Heizluft relativ trocken, oft sogar sehr trocken. Wie bereits früher (S. 112) ausgeführt wurde, wird aber bei Zimmertemperatur eine niedrige relative Feuchtigkeit resp. ein Sättigungsdeficit von 10 mm und mehr, gut ertragen. Erst dann, wenn die Luft viel Staub und eventuell noch brenzliche, durch Verbrennung des Staubes entstehende Produkte enthält, treten insofern Belästigungen hervor, als es in solcher Luft leicht zu Reizung und Schmerzempfindung auf der Kehlkopfschleimhaut, namentlich bei anhaltendem Sprechen kommt. — Dagegen sind wir, wie oben betont wurde, gegen höhere Feuchtigkeitsgrade bei der Temperatur geheizter Räume sehr empfindlich. Schon eine 60 Procent übersteigende Feuchtigkeit ruft, namentlich sobald etwas Ueberheizung vorliegt, ein Gefühl von Bangigkeit und Beklemmung hervor. Als „normal“ für die Luft beheizter Wohnräume ist daher eine Feuchtigkeit von 30—50 Procent zu bezeichnen.

Die Lufttrockenheit kann corrigirt werden entweder durch Verstäubungsapparate, durch welche Wasser mechanisch fortgerissen wird (Brausen, die gegen ein Blechdach treffen; rotirende Räder, die in Wasser eintauchen u. s. w); oder durch Verdampfungsapparate.

Letztere müssen durchaus an heissen Stellen, auf den Oefen und Caloriferen selbst angebracht werden, weil sonst keine hinreichende ausgiebige Wasserverdunstung stattfindet und kalte Luft nicht zur Aufnahme grösserer Wasserdampfmengen befähigt ist.

7) An Stelle der zur Verbrennung des Brennmaterials consumirten Luft muss reine Luft in das Zimmer eingeführt werden. Bei jedem Heizbetrieb wird nicht nur diejenige Luftmenge fortgeführt, die zur Verbrennung des Brennmaterials gerade erforderlich ist, sondern der starke Auftrieb, welcher durch die Erhitzung bewirkt wird, veranlasst stets noch ein Abströmen überschüssiger Luftmengen durch den Verbrennungsraum. Ferner kommt auch durch den geschlossenen Heizkörper eine Erwärmung und Verdünnung der Luft des Wohnraums zu Stande, die ein Nachdringen kälterer Aussenluft zur Folge hat. Somit erhalten wir gleichzeitig mit der Heizung auch eine natürliche Ventilation der Wohnräume, deren quantitative Leistung von der Intensität der Beheizung abhängig ist. Für die nachströmende Luft müssen dann aber solche Wege vorgesehen werden, dass keine Verschlechterung der Luftqualität resultirt.

8) Die aus dem Schornstein entweichenden Verbrennungsgase sollen nur einen leichten, durchsichtigen Rauch bilden, da dichte Rauchmassen die Anwohner belästigen resp. durch Einathmung von Russ die Gesundheit schädigen (s. S. 163). Durch richtige Anlage und zweckmässigen Betrieb (gute Kohle, genügende Luftzufuhr, nicht zu frühen Schluss des Ofens, vor allem Vorsicht beim Nachheizen u. s. w.) lässt sich überall dichter Rauch vermeiden.

9) Der Betrieb der Heizung muss gefahrlos, einfach und billig sein.

Als preiswürdig bezeichnet man eine Heizanlage, wenn dieselbe ein möglichst hohes Güteverhältniss hat, d. h. wenn ein möglichst grosser Bruchtheil der insgesammt producirten Wärmeeinheiten der Ewärmung des Zimmers zu gute kommt. Gewöhnlich gehen durch die unvollständige Verbrennung des Materials und die mit höherer Temperatur entweichenden Rauchgase ca. 40—60 Procent der producirten Wärme verloren, so dass oft nur etwa ein Drittheil für die Erwärmung des Zimmers ausgenutzt wird.

An jeder Heizvorrichtung unterscheidet man:

a) den Verbrennungsraum. In demselben findet die Verbrennung des Materials statt; durch den Rost ist er in den eigentlichen Feuerungsraum und den darunter gelegenen Aschenfall geschieden. Durch den Rost findet der Luftzutritt statt; nur bei sehr leicht brennbarem Material

(Holz) kann der Rost fehlen und es genügt eine Oeffnung für die Luftzufuhr in der Ofenthür.

b) den Heizraum. Von diesem aus erfolgt die Wärmeabgabe an das Zimmer; der Heizraum wird daher nach Möglichkeit verlängert und zwar in Gestalt der sogenannten Züge, durch welche die Rauchgase zunächst auf- und niederströmen müssen, ehe sie in den Rauchfang entweichen. Ausserdem wird oft die Oberfläche des Heizraumes durch Anbringung von Rippen und Verzierungen möglichst vergrössert und zur Abgabe der Wärme geeignet gemacht. Man darf indessen mit der Ausdehnung des Heizraumes nicht zu weit gehen. Die Rauchgase müssen immer noch mit einer Temperatur von 120—200° in den Schornstein gelangen, falls ein genügender Zug unterhalten werden soll und es darf daher keine Abkühlung der Rauchgase unter diese Temperatur erfolgen.

c) den Schornstein, der gewöhnlich durch später zu besprechende Aufsätze vor störenden Einflüssen des Windes, des Regens u. s. w. geschützt wird.

Die gebräuchlichen Heizeinrichtungen theilt man ein in Lokalheizungen und Centralheizungen.

a) Lokalheizungen.

Die Lokalheizungen sind theils Kamine, theils Oefen.

Bei den Kaminen existirt kein Heizraum, sondern es ist nur eine offene Feuerstelle vorhanden, welche direct in den Schornstein übergeht (Fig. 110). Die Erwärmung des Zimmers erfolgt durch Strahlung vom Feuer aus. Bei Holzfeuerung wird nur $^1/_{16}$ der Wärme ausgenützt. Der Fussboden bleibt kalt, ebenso die Luft, die in überreichlichen Mengen dem Kamin zuströmt. Sehr leicht gelangt ein Theil der Rauchgase in das Zimmer.

Eine gewisse Verbesserung können die Kamine dadurch erfahren, dass in denselben eine Kohlenfeuerung mit Rost angebracht wird; ferner an der Vorderseite ein Schild zur Regulirung des Luftzutritts. Ausserdem wird die Uebergangsöffnung des Kamins in den Schornstein kleiner gemacht und vor derselben eine stellbare Klappe zur Regulirung der Grösse dieser Oeffnung angebracht.

Fig. 110. Einfacher Kamin.

Wesentlich bessere Erwärmung liefern die GALTON'schen Kamine (Fig. 111). Bei denselben ist das die Heizgase abführende Rauchrohr von einem Mantel umgeben, in welchen unten Luft eintritt. Diese erwärmt sich am Rauchrohr und tritt oben in das Zimmer. Dadurch findet eine viel bessere Ausnutzung der Brennmaterialen und gleichmässigere Erwärmung des Zimmers statt. Immerhin ist die Kaminheizung selbst nach Anbringung aller dieser Verbesserungen für unser Klima durchaus ungenügend.

Bei den **Oefen** strömen die Verbrennungsgase durch einen ausgedehnten, für die Erwärmung des Zimmers möglichst nutzbar gemachten Heizraum.

Entweder verwendet man **eiserne Oefen**. In ihrer früheren primitiven Form sind dieselben unbedingt zu verwerfen; sie erwärmten sich nicht anhaltend, mussten sehr häufig beschickt werden und veranlassten daher starke Staubentwickelung im Zimmer. Ausserdem erhitzten sie sich zeitweise sehr intensiv und gaben dann zu höchst ungleicher Vertheilung der Temperatur im Zimmer und zur Verbrennung von Staubtheilchen Anlass; andererseits kühlten sie rasch und vollständig wieder aus, so dass nur durch fortgesetzte sorgfältigste Bedienung eine gleichmässige Regulirung der Temperatur gelang. — Eine sehr unvollkommene Besserung wird durch die Ausfütterung der eisernen Oefen mit Chamottesteinen erreicht; dieselben beseitigen die Uebelstände nur theilweise und sind wenig haltbar.

Alle Unzuträglichkeiten sind dagegen vollkommen zu beseitigen durch die Construction der **Mantel-Regulir-Füllöfen.** Als Füll- resp. Schüttöfen werden dieselben bezeichnet, weil sie das ganze Brennmaterial auf 6—12—24 Stunden auf einmal aufnehmen. Die meisten derselben sind ausserdem **Dauerbrandöfen**, d. h. sie brauchen nur einmal während der Heizperiode angeheizt zu werden, das frische Feuerungsmaterial wird immer auf die noch glimmenden Reste des früheren aufgeworfen. Die Oefen entsprechen daher am besten der oben aufgestellten Forderung einer möglichst **continuirlichen** Heizung.

Fig. 111. GALTON'scher Kamin.

Das Brennmaterial wird entweder in einem senkrecht stehenden Cylinder eingefüllt und dann oben angezündet; die Verbrennung schreitet allmählich von unten nach oben fort. Der Luftzutritt soll dabei durch den unten gelegenen Rost erfolgen; um dies zu ermöglichen, müssen Kohlen verwandt werden, die nicht zusammenbacken, sondern auch nach dem Erhitzen für Luft durchgängige Zwischenräume bieten. Am Besten eignen sich Coks oder abgesiebte nussgrosse Stücke Anthracitkohle. Durch eine Thür, welche sich vor dem Rost befindet, ist die Verbrennung in sehr empfindlicher Weise regulirbar. Die Füllung des

Cylinders kann eventuell auch ausserhalb des Wohnraumes vorgenommen werden, und der ganze gefüllte Cylinder wird dann in den Ofen eingesenkt. — Oder die Oefen werden mit einem seitlichen Schacht construirt (Schachtöfen, Fig. 113), in welchen eine grössere Mengen Kohlen auf einmal eingefüllt wird, nachdem an der tiefsten Stelle auf dem Rost ein Feuer angezündet ist; aus dem Schacht gleitet das zuerst aufgeworfene und das demnächst nachgeschüttete Brennmaterial allmählich abwärts in den Verbrennungsraum. Der Rost ist gewöhnlich von aussen beweglich und dadurch eine Auffrischung des Feuers ermöglicht. — Eine besonders vollständige Verbrennung wird auch durch einen Korbrost mit aufrechtem Füllschacht erzielt.

Fig. 112. Meidingerofen.
A Brennstoff. *B* Hals. *C* Verschiebbare Thür. *D* Rauchrohr. *E* Deckel. *F* Oberer durchbrochener Deckel. *K* Mantel.

Fig. 113. Käuffer's Schachtofen, Längsschnitt. *L* Luftzuführcanal. *S* Regulirscheibe.

Zur Verhinderung der directen Strahlung sind diese Oefen ferner mit einem Mantel umgeben, d. h. in einem Abstande von mindestens 10 cm und höchstens 30—40 cm ist um den eigentlichen Ofen ein Blechcylinder gelegt, zuweilen in doppelter Lage, der unten in einem gewissen Abstand vom Fussboden endet, so dass die Luft des Zimmers mit der des Mantelraums frei communicirt. Der Mantel wird bei hinreichend weitem Abstand wenig mehr als handwarm; die Oefen wirken daher fast gar nicht durch Strahlung, sondern vorzugsweise durch circulirende erwärmte Luft, die fortwährend unten in den Mantelraum

eintritt, oben erwärmt ausströmt und sich dann allmählich im Zimmer vertheilt (Circulationsöfen). — Der Mantelraum lässt sich ausserdem sehr gut mit einem Ventilationscanal verbinden, der unter dem Fussboden nach aussen oder nach einem Corridor führt und durch welchen fortwährend frische Luft in das Zimmer geschafft wird (Ventilationsöfen s. Fig. 113 u. 114). Dieser Zufuhrcanal ist gewöhnlich durch eine Klappe regulirbar, so dass je nach Bedarf bald nur Circulation der Zimmerluft durch den Mantelraum und dann starke Erwärmung des Zimmers, bald lebhafte oder gemässigte Ventilation hergestellt werden kann. — Nach diesen Principien sind z. B. construirt

Fig. 114. Keidel's Ofen.
F Luftcanal, von aussen kommend und in den Mantelraum mündend.

Fig. 115. Kelling'scher Mantelofen.

der Meidinger'sche Ofen (Fig. 112), der Keidel'sche Ofen (Fig. 114) und der Schachtofen von Käuffer & Co. (Fig. 113). Ohne Mantel, aber vorzüglich regulirbar und als Dauerofen zu betreiben sind die Oefen von Juncker & Ruh und der Lönhold'sche Ofen (Fig. 116); letzterer mit sog. Sturzflammenfeuerung, d. h. die Flammen und Gase der beiden getrennten Feuerungen *dd* stürzen in eine dazwischen liegende Chamotte-Heizkammer *a*, in welcher sehr vollständige Verbrennung

entsteht. Ferner die CADE-Oefen, die mit sehr kleiner Anthracitkohle (10—22 mm Korngrösse) beschickt werden müssen und vielfach als Kaminöfen arrangirt werden. — Für grössere Räume, Krankensäle u. s. w. empfiehlt sich der KELLING'sche Mantelofen (Fig. 115).

Wesentlich verschieden von den eisernen Oefen sind die Kachel- oder Massenöfen, bei welchen einmal am Tage eine grössere Menge Brennmaterial verbrannt und die dabei gelieferte Wärme in der Steinmasse des Ofens aufgespeichert wird, so dass dieselbe von dort allmählich in den Wohnraum übergeht. Zwischen den Zügen findet sich eine Füllung von Ziegeln und Lehm; aussen ist der ganze Ofen mit Kacheln umkleidet. Je nach dem Umfange stellt derselbe dann ein grösseres oder geringeres, im Vergleich zu den eisernen Oefen aber immer sehr bedeutendes Wärmereservoir dar. — Tragen die Kachelöfen einen gusseisernen Feuerraum, so bezeichnet man sie als gemischte Oefen.

Fig. 116. Sturzflammenfeuerung.

Die grossen Kachelöfen sind für unser Klima entschieden nicht geeignet, weil sie zu schwer regulirbar sind und sich den steten Temperaturschwankungen unseres Winters und Frühjahrs nicht hinreichend anpassen lassen. Herrscht des Morgens eine Aussentemperatur von 0° und ist dementsprechend der Ofen kräftig angeheizt, so kommt es vielfach vor, dass die Temperatur im Laufe des Tages auf + 10° steigt. Es giebt dann kein Mittel, um die Wärme des Ofens wieder herabzumindern; die einmal in dem grossen Reservoir aufgespeicherte Wärme wird unter allen Umständen an den Wohnraum abgegeben und es muss dort eine Ueberhitzung zu Stande kommen. Andererseits ist es schwer, bei plötzlichem Sinken der Temperatur in wenigen Stunden eine entsprechend stärkere Erwärmung des Zimmers zu erzielen. — Die massiven Steinöfen sind daher nur für ein ausgesprochen nordisches Klima mit anhaltender Kälte geeignet. Für unser Klima müssen dieselben wenigstens von geringerem Umfange hergestellt, oder es müssen Uebergänge zwischen den Eisen- und Kachelöfen construirt werden, z. B. dadurch, dass ein eiserner Füllofen mit einem Mantel von Kacheln umgeben wird.

Sehr vortheilhaft sind in vielen Fällen Gasöfen. Der Betrieb derselben und die Regulirung der Heizung ist einfacher und schneller wie bei jeder anderen Heizung; in kürzester Frist kann Erwärmung und ebenso leicht völlige Auskühlung des Ofens erzielt werden. Ausserdem wird Staub und Russ am besten vermieden. Unbedingt muss für Abfuhr der Heizgase (stets nach oben!) gesorgt sein. — Die Anschaffungs-

kosten sind gering, der Betrieb dagegen theuer; sie sind daher höchstens da zu empfehlen, wo für Heizgas billigere Preise berechnet werden, oder wo nur ausnahmsweise und als Reserve diese Heizung zur Anwendung kommen soll (Ergänzung von Warmwasserheizungen, ferner in Häusern mit Centralheizungen, wenn nach dem Erlöschen der letzteren im Frühsommer noch für kurze Zeit Heizung erforderlich ist).

In Gebrauch sind namentlich zwei Constructionen: Reflectoröfen, in Kaminform, mit einem Strahlschirm von gewelltem Messingblech, welcher die Wärmestrahlen der im oberen Theil brennenden Gasflammen ins Zimmer reflectiren soll. Ausserdem wird die Wärme der Rauchgase noch durch Blechcanäle ausgenutzt (Fig. 117).

Mit besserer und gut regulirbarer Ventilation verbunden ist der Karlsruher Schulofen, ein Mantelofen, der vorzugsweise durch er-

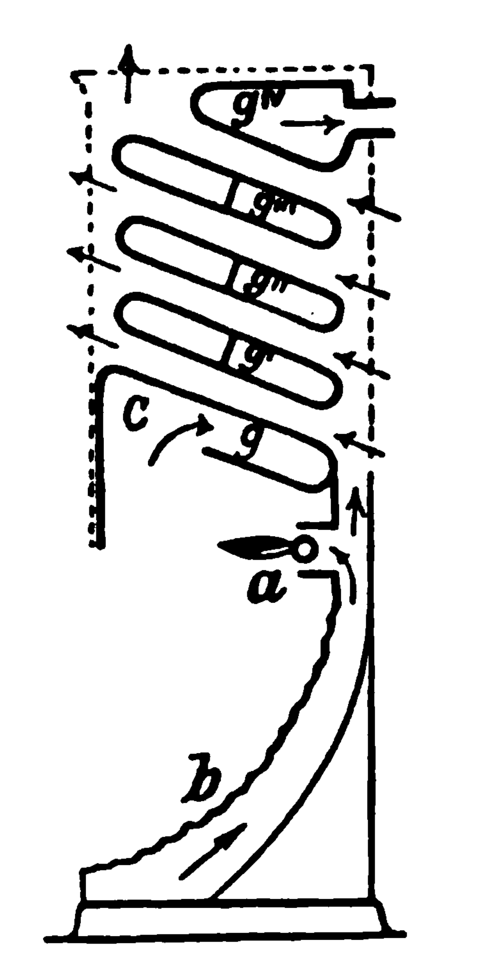
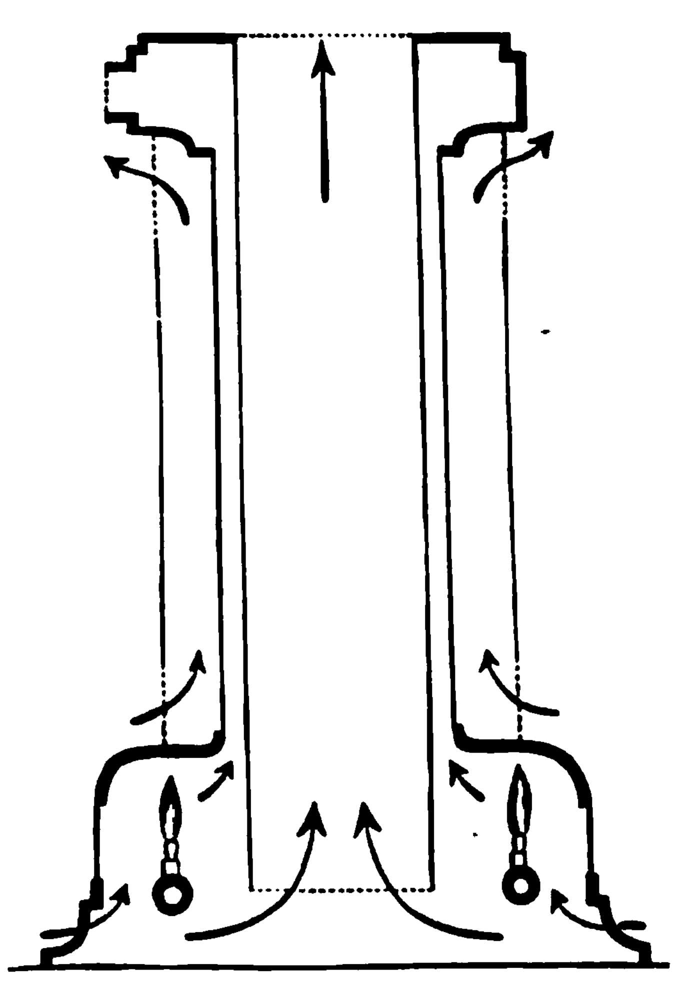



Fig. 117. Warsteiner Reflektorofen.


Fig. 118. Karlsruher Schulgasofen. (Durchschnitt.)

wärmte Luft heizt und auf Circulation oder Ventilation gestellt werden kann (s. Fig. 118). Die Verbrennungsprodukte des Gases steigen in einem concentrischen engen „Schlitzkanal“ auf.

Zu Reserveheizungen empfohlen, aber ungeeignet und gefährlich sind die Carbonnatronöfen. Unter Carbon wird eine Presskohle verkauft, welche aus gepulverter Buchenkohle präparirt ist. Dieselbe soll angeblich keine schädlichen Rauchgase liefern und man soll daher die Carbonöfen ohne oder mit unvollkommener Ableitung der Rauchgase verwenden können. Wiederholte Vergiftungen durch das Kohlenoxydgas, welches sich aus den Carbonöfen nachweislich in grosser Menge entwickelt, haben jedoch auf die Gefährlichkeit dieser Heizvorrichtung aufmerksam gemacht. Die genannten Oefen tragen gewöhnlich einen

Behälter, der mit einer Mischung von 1 Theil essigsaurem und 10 Theilen unterschwefligsaurem Natron gefüllt ist. Diese Salze schmelzen, wenn sie erwärmt werden, in ihrem Krystallwasser, vermögen dabei viel Wärme aufzunehmen und nachher beim Wiederfestwerden wieder abzugeben. Derartige Behälter können eventuell als Fusswärmer u. s. w. gute Verwendung finden, sind aber auf jedem anderen Ofen besser als auf den Carbonofen zu erwärmen.

b) Centralheizung.

Die Wärme wird von einem centralen Feuerherd aus durch Luft, Wasser oder Dampf nach den Wohnräumen hin transportirt.

Luftheizung.

Bei derselben wird Luft an einem Ofen erwärmt und dann den Zimmern zugeleitet. — An einer Luftheizungsanlage unterscheidet man:

1) Den Heizapparat oder Calorifer. Gewöhnlich besteht derselbe aus einem grossen gusseisernen Schüttofen; der Heizkörper ist kofferförmig und dann mit zahlreichen Rippen versehen, oder er besteht in einem geschlängelten, oft ebenfalls mit Rippen versehenen Rohr, das oben beginnt und die Heizgase allmählich nach unten und von dort in den Schornstein führt. Der Heizkörper muss die Wärme leicht und rasch abzugeben im Stande sein.

2) Die Heizkammer, eine ummauerte Kammer, welche in einem gewissen Abstande den Heizkörper allseitig umgiebt. Nur an der Seite, wo sich die Feuerung befindet, fällt ihre Wand mit der des Heizapparates zusammen. In der Heizkammer münden alle Canäle für die Heizluft; ferner befinden sich dort Wasserbecken, welche zur Wasserverdunstung dienen und am besten oben auf den heissesten Rippenrohren des Calorifers angebracht werden (Fig. 119). — Die Heizkammer soll leicht betretbar sein, so dass eine regelmässige gründliche Reinigung des Calorifers und der ganzen Heizkammer vorgenommen werden kann. In unzugänglichen und selten gereinigten Heizkammern sammeln sich enorme Staubmassen, deren Verbrennung die Zimmerluft stark verunreinigen (vergl. S. 384).

Heizkammer und Heizapparat werden am tiefsten Ort des Hauses, im Souterrain, angelegt. Bei grossen Gebäuden sind mehrere Heizkammern und mehrere für sich bestehende Systeme von Luftheizung in demselben Gebäude einzurichten.

3) Die Kaltluftcanäle. Die Entnahmestelle für die Aussenluft muss gegen Staub, üble Gerüche und dergleichen möglichst geschützt sein. Um ferner von Windstössen und Winddruck unabhängig zu sein, legt man am besten für jeden Calorifer an zwei entgegengesetzten

Seiten des Gebäudes Oeffnungen an. Stets lässt man die Luft zunächst in eine Luftkammer, eine grössere Erweiterung des Zufuhrcanals, eintreten, welche plötzliche Windstösse abschwächt, und in welcher sich ein grobes **Filter** zur Abhaltung von Insecten befindet. Von da führt ein weiter Canal die Luft unten in die Heizkammer (Fig. 119).

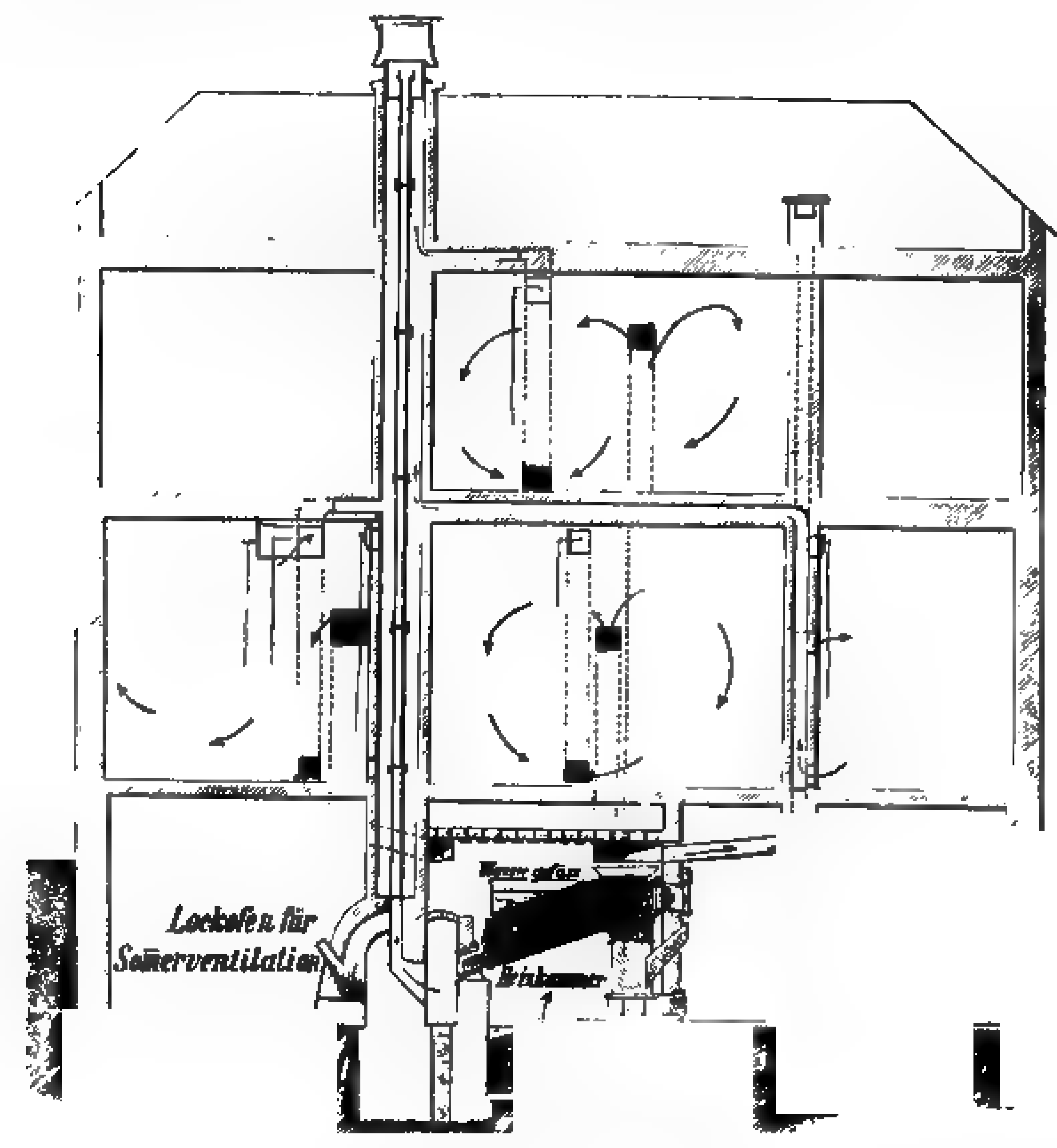


Fig. 119 Schema einer Luftheizungsanlage.

Zuweilen werden auch feinere **Filter** (MOELLER'sches Filtertuch) angebracht, die zur Zurückhaltung des Staubes dienen sollen. Dieselben bewirken jedoch eine sehr starke Verengerung des Querschnittes, falls die Filteröffnungen hinreichend fein sind und wirklich Staub abhalten, und sind nur anwendbar, wenn die Luftförderung durch maschinelle Kräfte unterstützt wird. — Besser sind in den Kaltluftkammern angebrachte Rahmen mit rauhem Stoff, die nicht den ganzen Querschnitt der Kammer füllen, sondern so gestellt sind, dass die Luft bald über, bald unter ihnen freien Raum findet, dabei aber immer an den rauhen Flächen vorbeistreicht. Sie müssen leicht herausnehmbar sein und oft gereinigt werden. — Sehr kräftig wirkt ein **Wasserschleier** auf die Staubbeseitigung der dadurch hergestellt wird, dass in der Kaltluftkammer

Wasserleitungsrohre mit feinen Bohrungen zahlreiche kräftige, verstäubende Wasserstrahlen aussenden. Die Betriebskosten sind aber relativ hoch. — Die Hauptsache für die Fernhaltung von Staub ist immer die richtige Auswahl und Behandlung der Entnahmestelle für die Luft. Hier sollte stets eine kleine Rasenfläche mit Buschwerk vorhanden sein, die nach Bedarf befeuchtet wird.

4) Die Heizluftcanäle. Dieselben nehmen ihren Anfang in der Heizkammer und verlaufen von da in den Innenwänden des Hauses nach den einzelnen Wohnräumen. Sie werden möglichst vertical geführt; bei langen, horizontalen Leitungen treten zu starke Reibungswiderstände auf und die betreffenden Räume erhalten zu wenig Heizluft. — Die Eintrittsöffnungen dieser Canäle werden oben in der Heizkammer, die der Kaltluftcanäle unten angelegt; die zuströmende kalte Luft muss dann an dem Heizapparat aufwärts steigen, und da in diesem die Heizgase sich von oben nach unten bewegen, findet eine ausserordentlich vollständige Erwärmung der Luft statt.

Jeder Wohnraum bekommt seinen eigenen Heizluftcanal. Die Ausströmungsöffnung im Zimmer liegt etwa 1—2 m über Kopfhöhe. Man wählt dieselbe so gross, dass die Geschwindigkeit der austretenden Luft höchstens $^1/_2$—1 m beträgt, weil bei grösserer Geschwindigkeit lästige Zugempfindungen auftreten. Für grössere Zimmer wählt man mehrere Austrittsöffnungen; die einzelne soll nicht über 60 cm i. Quadr. gross sein. Wünschenswerth ist es, dass die Austrittscanäle nahe der Oeffnung eine solche Wölbung oder aber unmittelbar vor der Oeffnung Jalousieen resp. stellbare Schirme erhalten, dass der Luftstrom immer zunächst gegen die Decke des Zimmers dirigirt wird; von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken und dann in der unteren Region des Zimmers abströmen.

5) Abfuhrcanäle. Bei allen grösseren Luftheizungsanlagen giebt man der Luft auch noch besondere Abfuhröffnungen. Diese führen in Canäle, welche in den Innenwandungen bis über das Dach hinausgehen, oder auf dem durch Firstaufsätze kräftig ventilirten Dachboden münden. Ihre Wirkung wird gesichert, wenn man sie mit einer Wärmequelle in Verbindung setzt, sie z. B. in den Mantelraum eines ständig benutzten Schornsteins (Fig. 119) führt oder sie mit Gasbrennern und dergleichen versieht. Die Abfuhrcanäle beginnen im Zimmer mit zwei Oeffnungen; die eine liegt nahe am Fussboden, die andere nahe der Decke. Nur die erstere soll für gewöhnlich benutzt werden. Die obere wird ganz ausnahmsweise dann geöffnet, wenn im Zimmer eine zu grosse Wärme entstanden ist und nunmehr die einströmende Luft, ohne den bewohnten Theil des Zimmers berührt zu haben, direct wieder abströmen soll; meist ist sie ganz entbehrlich.

Alle die aufgezählten Canäle müssen mit grosser Sorgfalt hergestellt und namentlich im Innern derartig verputzt sein, dass sich keinerlei Staub ablöst. Auch müssen sie entweder zum Zweck der Reinigung besteigbar sein oder doch wenigstens mit Bürsten leicht und vollständig gereinigt werden können.

Die Regulirung der ganzen Heizanlage geht in folgender Weise vor sich. Zunächst ist die Heizluft auf die einzelnen Räume richtig zu vertheilen. Ungefähr gelingt dies schon durch eine vorläufige Berechnung der für jedes Zimmer erforderlichen Weite der Canäle und der Grösse der Ausströmungsöffnung für die Heizluft. Bei der Probeheizung zeigt sich aber gewöhnlich doch, dass das eine Zimmer zu viel, das andere zu wenig Heizluft bekommt und daher sich nicht auf dem vorgeschriebenen Temperaturgrad hält. Um dann nachträglich noch eine richtige Vertheilung zu erzielen, ist in jedem Heizluftcanal eine Drosselklappe angebracht und diese wird dann ein- für allemal so gestellt, dass der Canal den für das Zimmer richtigen Querschnitt erhält.

Je nach der Aussentemperatur wechselt dann aber der tägliche und stündliche Bedarf desselben Raumes an Heizluft, und es ist schwierig, mit der centralen Feuerung diesen Schwankungen zu folgen. Vielfach behilft man sich damit, dass anfangs reichlich geheizt wird, meist durch die sog. Circulationsheizung, bei welcher die Abfuhrcanäle geschlossen sind und die Heizluft aus den Zimmern wieder zur Heizkammer zurückströmt (Fig. 120). Ist dann im Zimmer die gewünschte Temperatur erzielt, so wird die weitere Zufuhr von Heizluft durch Schliessen von Klappen in den Zufuhrcanälen vollständig sistirt. Damit hört aber jede Zufuhr von Luft überhaupt und jede Ventilation vollkommen auf, und es wird dies bei Luftheizungen um so schwerer empfunden, als allgemein bei denselben das Verbot besteht, Fenster und Thüren zu öffnen, damit nicht durch den Einfluss derartiger willkürlicher Oeffnungen die geregelte Vertheilung der Luft in Unordnung gerathe.

Um eine Regulirung der Temperatur zu bewirken, ohne das Quantum der zuströmenden Luft zu verringern, müssen offenbar Vorrichtungen vorhanden sein, welche eine Mässigung der Temperatur der Heizluft bewirken. Es geschieht dies gewöhnlich dadurch, dass für jeden Heizluftcanal ein Mischcanal hergestellt wird, d. h. nach dem Austritt aus der Heizkammer oder innerhalb der Wand der Heizkammer vereinigt sich der Heizluftcanal (*W* in Fig. 120) mit einem nach aussen resp. nach dem untersten Theil der Heizkammer führenden Kaltluftcanal (*M*) und durch Stellung einer Klappe *m* kann entweder

der eine oder der andere Canal abgesperrt oder es kann eine beliebige Mischung beider Luftarten erzielt werden.

Die Temperaturregulirung für sämmtliche Räume ist alsdann in die Nähe der Heizkammer verlegt und ist Sache des Heizers. Damit derselbe über die Temperatur der Wohnräume orientirt ist, ohne dieselben betreten zu müssen, sind entweder in den Thürfüllungen Thermometer eingelassen, die von aussen abgelesen werden und die mit einer constanten und bekannten Abweichung die Temperatur im Innern des Zimmers anzeigen; oder es sind Metallthermometer im Wohnraume angebracht, deren Stand der Heizer durch elektrische Uebertragung erfahren kann (MOENNICH'scher Fernmessinduktor). — Niemals sollte eine Regulirung an Heizluftcanälen von den Bewohnern des Zimmers vorgenommen werden, da hierdurch der Betrieb der ganzen Anlage gestört wird.

Fig. 120. Luftheizung. Heizkammer und Canäle.
H Heizkammer. *O* Ofen. *S* Schornstein. *K* Kaltluftcanal. *W* Warmluftcanal. *M* Mischcanal. *V* Abfuhrcanal. *C* Circulationscanal; ist die Klappe *c* in die obere Stellung gebracht, so strömt die Luft aus dem Zimmer *N* durch den Canal *C* wieder nach der Heizkammer.

Gegen die Luftheizungsanlagen hat sich in neuerer Zeit eine lebhafte Opposition erhoben. Es wird vielfach über eine Ueberhitzung der Räume und über schlechte Regulirfähigkeit der Anlage geklagt. Es kommt dies jedoch nur dann vor, wenn entweder die Bewohner des Zimmers sich an der Regulirung der Temperatur betheiligen oder wenn der Heizer überbürdet und nicht ausschliesslich für die Controle der Heizung angestellt ist. Nicht selten werden die besten Anlagen dadurch völlig verdorben und funktionsunfähig gemacht, dass man an der Anstellung eines ausschliesslichen Heizers zu sparen sucht.

Bei freistehenden und dem Winde stark exponirten Gebäuden bereitet allerdings die Luftheizung gewisse Schwierigkeiten. Es kommt dann sehr leicht zu einer mangelhaften Erwärmung auf der dem Winde exponirten und zu einer zu hohen Erwärmung auf der dem Winde abgekehrten Seite des Hauses.

Viele Klagen werden ferner darüber erhoben, dass eine schlechte Luft in den mit Luftheizung versehenen Räumen herrsche. Der Grund dieser Klage

liegt fast jedesmal in dem Fehlen geeigneter Mischcanäle und in dem Aufhören jeglicher Luftzufuhr, nachdem die Räume hinreichend erwärmt sind. Eine Luftheizung, die in normaler Weise mit Mischcanälen versehen ist, gewährt im Gegentheil eine reichlichere Lufterneuerung, als mit irgend einem anderen System erzielt werden kann. — Vielfach wird auch die Luft als staubig und von eigenthümlich brenzlichem Geruch bezeichnet. Dies ist dann der Fall, wenn die Entnahmestelle für die Luft ungünstig ist, wenn die Canäle schlecht verputzt und mangelhaft gereinigt sind und wenn namentlich die Heizkammer, wie man es bei älteren Anlagen vielfach findet, überhaupt nicht zum Zwecke der Reinigung betreten werden kann, so dass es zu Staubanhäufung und Staubverbrennung auf dem Calorifer kommt.

Endlich wird der Luftheizung oft eine besonders trockene Luft vorgeworfen. Meist ist aber der Feuchtigkeitsgehalt der Luft — abgesehen von Ueberheizungen — nicht abnorm niedrig, sondern die lästigen Empfindungen sind auch hier hauptsächlich auf den Staubgehalt der Luft und die durch Staubverbrennung entstehenden brenzlichen Produkte zurückzuführen, die bei zweckmässiger Anlage und gutem Betriebe leicht vermieden werden können.

Wasserheizung.

Das Wasser ist sehr geeignet zur Wärmeübertragung wegen seiner grossen Wärmecapacität. Die Anordnung einer Wasser-Heizanlage ist so, dass im Souterrain der Feuerraum und über diesem ein Kessel sich befindet (die Heizung kann auch mit dem Küchenheerd verbunden werden [Liebau]). Vom Kessel geht ein Röhrensystem aus, das wieder in denselben zurückführt und inzwischen die verschiedenen zu beheizenden Räume durchläuft (s. Fig. 121). Das im Kessel erwärmte Wasser wird als specifisch leichter zunächst nach oben bis zum höchsten Punkte des Systems, dem Expansionsgefäss, gedrückt; von da fließt es allmählich unter steter Abkühlung wieder zum Kessel zurück.

Ist das Röhrensystem oben offen, so erreicht die Temperatur des Wassers im äussersten Falle 100° oder wenig darüber; für gewöhnlich ist die Temperatur erheblich niedriger. In Folge dieser niederen Temperatur muss die Masse des Wassers, welches den Wohnräumen zugeführt wird, relativ gross sein und die aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer hergestellten Röhren weit (50—60 mm). Die Anlage ist daher relativ theuer und man findet sie mehr in Privathäusern, als in öffentlichen Gebäuden („Niederdruckwasserheizung" oder „Warmwasserheizung"). — Oder das Röhrensystem ist oben geschlossen durch ein belastetes Ventil. Je nach der Belastung erzielt man eine Temperatur von 120—200° und bedarf dann geringerer Wasserquantitäten und engerer Röhren. Eine solche Heizanlage bezeichnet man als „Hochdruckwasserheizung" oder „Heisswasserheizung".

Bei der Warmwasserheizung sind die Heizkörper entweder sogenannte Säulenöfen (Fig. 121); ein Mantel aus doppeltem Eisenblech, zwischen dessen Wandungen das Wasser circulirt, umschliesst einen Luftraum, der mit der Zimmerluft communicirt, so dass dieselbe unten ein- und oben abströmt. Gewöhnlich wird der Luftraum ausserdem mit einem verstellbaren Zufuhrcanal von aussen in Verbindung gebracht, so dass (wie bei den Mantelöfen) beliebig auf Circulation oder Ventilation eingestellt werden kann. — Oder es werden kastenartige Vorsprünge, oder Röhrenconvolute (Rohrregister), oder Rippenheizkörper, die, wenn sie frei stehen und mit Zierrathen versehen sind, als Radiatoren bezeichnet werden, an einer Wand, unter den Fensterbrüstungen u. s. w. angebracht, die als Heizkörper fungiren. An der höchsten Stelle des Röhrensystems findet sich ein Expansionsgefäss, von welchem aus das ganze System mit Wasser gefüllt wird. An der tiefsten Stelle ist ein Entleerungshahn angebracht.

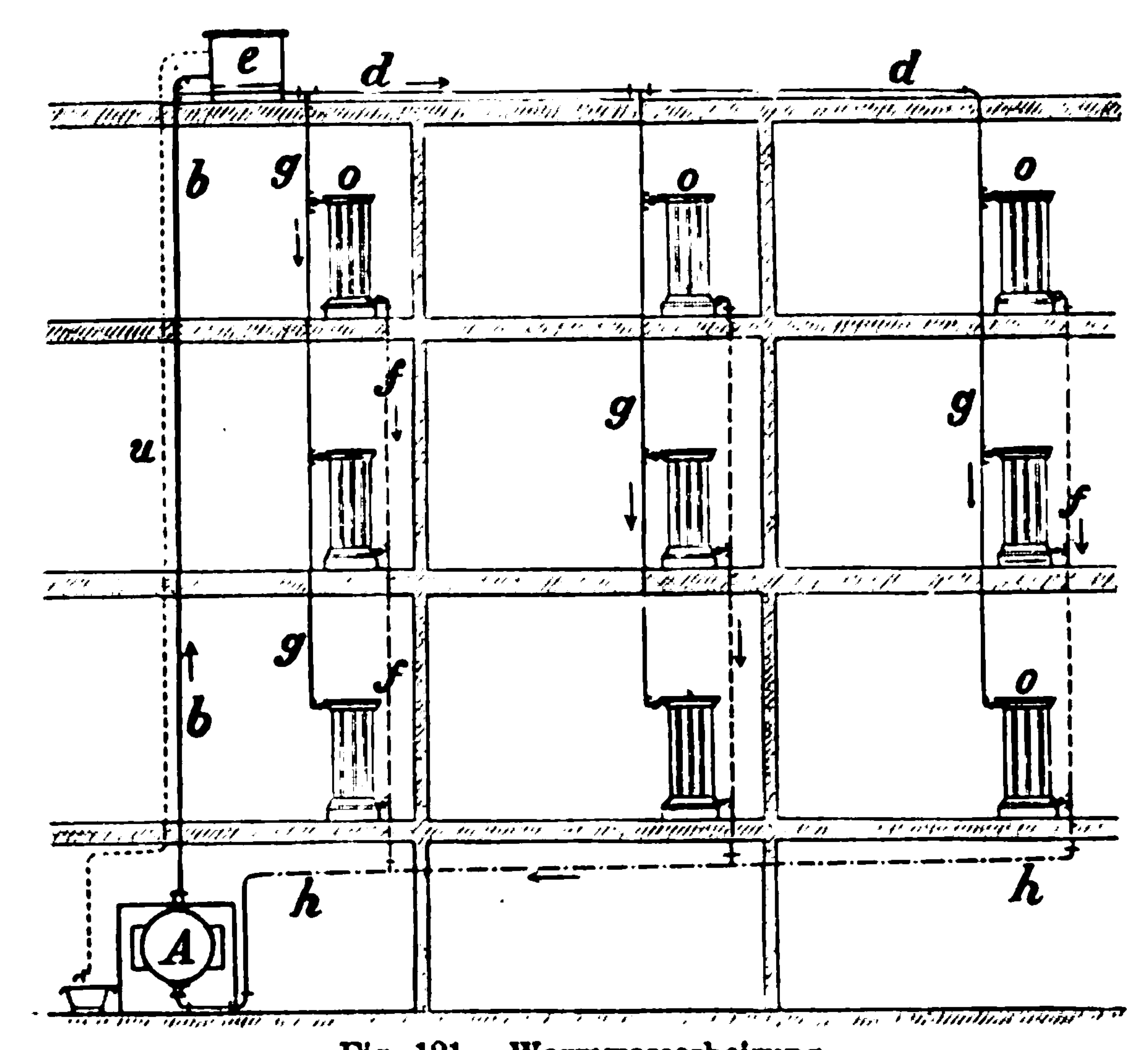


Fig. 121. Warmwasserheizung.
A Kessel. *b* Steigrohr. *e* Expansionsgefäss. *d* Vertheilungsrohr. *g* Zuleitungsrohre zu den Oefen. *o* Oefen. *f* und *h* Rücklaufrohre.

Die Regulirung der Heizung erfolgt dadurch, dass jeder einzelne Ofen durch einen Hahn abgesperrt und von weiterer Zufuhr warmen Wassers ausgeschlossen werden kann. Soll eine schnellere Kühlung des Zimmers erzielt werden, so kann man das Wasser des Ofens ablassen. Ausserdem sind noch die Ventilationscanäle zu einer Regulirung geeignet. — Die Beheizung wirkt sehr nachhaltig in Folge der grossen im Wasser aufgespeicherten Wärmemenge. Allerdings gelingt das Anheizen nur langsam, und bei plötzlichem Absinken der Temperatur kann eine genügende Erwärmung auf Schwierigkeiten stossen. Einige Gasöfen als Reserve sind daher empfehlenswerth.

Bei der Heisswasserheizung sind enge, sehr starke, auf 150 Atmosphären geprüfte Röhren vorhanden. Auch der Heizkessel stellt

nur ein spiralig aufgerolltes Rohr dar, das direct von den Flammen der Feuerung umspült wird. Die Heizkörper bestehen ebenfalls in kleineren Spiralen (s. Fig. 122). Am höchsten Punkte des Röhrensystems befindet sich ein Expansionsdruckventil, das so belastet ist, dass es sich beispielsweise erst bei 10 oder 15 Atmosphären Druck öffnet und das überschüssige Wasser in ein Reservoir treten lässt. Durch ein Expansionssaugventil tritt beim Erkalten das Wasser wieder in das Röhrensystem zurück. Jedes Röhrensystem hat höchstens 180 m Länge; bei einiger Ausdehnung des Hauses werden daher mehrere Systeme nebeneinander angelegt. — Die Heisswasserheizung ist billig in der Anlage und gestattet rasche Anheizung; die Heizkörper kühlen sich aber auch rasch wieder ab, ferner strahlen sie ziemlich stark aus und geben zuweilen zu üblen Gerüchen durch Verbrennung von Staub an den Röhren Anlass. In einigen Fällen haben Explosionen stattgefunden, die allerdings immer den Kessel betrafen. Für Privathäuser, Krankenhäuser, Schulen ist directe Heisswasserheizung im Ganzen nicht geeignet.

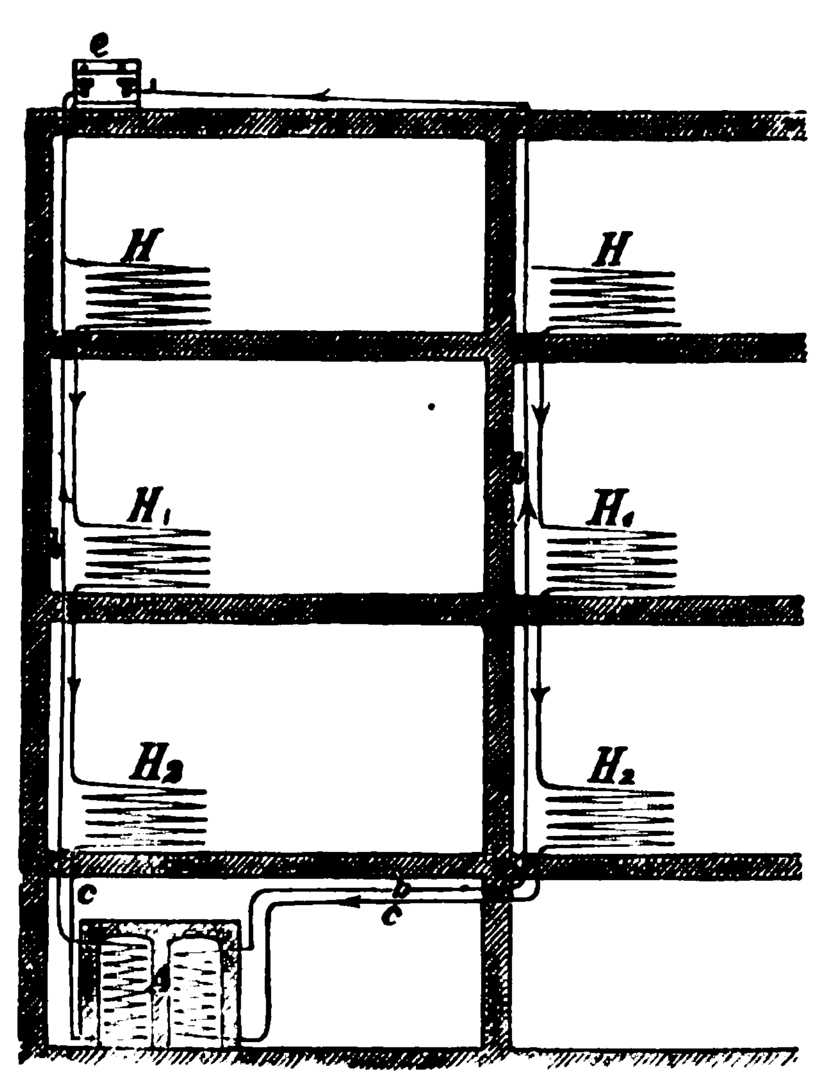


Fig. 122. Heisswasserheizung.
A Feuerstelle. *b* Steigrohre. *H* Heizschlangen. *c* Rücklaufrohre. *e* Expansionsgefäss.

Aus der Hochdruckwasserheizung lässt sich eine sogenannte Mitteldruckwasserheizung dadurch herstellen, dass man die Rohre weiter construirt und das Ventil so wenig belastet, dass eine maximale Temperatur von 120—130° resultirt.

Eine verbreitete Anwendung, auch für Schulen und Krankenhäuser, hat die Heisswasserheizung in Verbindung mit einer Luftheizung gefunden. Der Calorifer besteht dann aus einem längeren spiralig aufgerollten Rohr einer Heisswasserheizung; die Anordnung der Luftkammer und der Canäle ist wie bei der Feuerluftheizung. Vor dieser bietet die Heisswasserluftheizung den Vortheil, dass nicht so starke Ueberhitzung des Calorifers und der Heizluft eintreten kann.

Dampfheizung

gestattet Anlagen von unbeschränkter Ausdehnung, die sich daher namentlich für grosse Etablissements, eventuell für ganze Stadtviertel eignen. Besonders zweckmässig ist Dampfheizung für Gebäude, welche

bereits zum Betriebe der Küche, der Wäsche, der Bäder u. s. w. eines grösseren Dampfkessels bedürfen.

Der Kessel befindet sich gewöhnlich ziemlich entfernt vom Hause und wird durch das Condenswasser gespeist. Vom Kessel aus wird der Dampf in einer Rohrleitung aus Schmiedeeisen oder Kupfer den Wohnräumen zugeführt. Da man dem Dampf nicht gern mehr wie $1^1/_2$ Atmosphären Spannung giebt, so dass er eine Temperatur von 110—120° hat, und da der Dampf eine sehr geringe Wärmecapacität besitzt, müssten eigentlich sehr grosse Dampfmengen zur Beheizung der Räume nothwendig sein. Man rechnet indess gar nicht wesentlich auf die von dem strömenden Dampfe abgegebene Wärme, sondern vielmehr auf diejenige Wärme, welche bei der Condensation des Wasserdampfs frei wird. Bei der Bildung von 1 Liter Condenswasser werden 540 Wärmeeinheiten frei und für die Erwärmung der Wohnräume verfügbar, wenn man die Condensation in den in den Zimmern aufgestellten Heizapparaten vor sich gehen lässt.

Die Röhren sind mit Compensatoren versehen, welche der Wärmeausdehnung Rechnung tragen. Das Hauptrohr führt den Dampf zunächst zu dem höchsten Punkt der Anlage und von da durch die Heizkörper abwärts. Lässt man das Condenswasser in den Dampfröhren zurückfliessen, so entstehen fortgesetzt störende Geräusche; man wählt daher gewöhnlich besondere Rohre zur Ableitung des Condenswassers. Dieselben können weit engeres Lumen haben, als die Dampfrohre, da der Dampf ein 1700 mal grösseres Volumen besitzt, als das entsprechende Condenswasser. Damit durch die Condenswasserröhren kein Dampf entweicht, findet der Uebertritt des Wassers in dieselben vermittelst selbstthätiger Ventile statt. — Die Heizkörper werden durch Oefen nach Art der Warmwasseröfen oder durch Register oder Röhrenconvolute gebildet.

Bei der Condensation entsteht ein Vacuum, und die Röhren und Heizapparate würden leicht durch den äusseren Luftdruck comprimirt werden, wenn man nicht dafür sorgt, dass Luft in die Röhren eintreten kann. Die eingedrungene Luft muss dann aber, um dem einströmenden Wasserdampf kein Hinderniss zu bereiten, beim Zulassen neuen Dampfes wieder entfernt werden. Dieses Ein- und Abströmen der Luft in das Röhrensystem geschieht entweder durch besondere Hähne oder durch selbstthätige Ventile, ist aber oft mit Geräuschen verbunden.

Vielfach legt man der Geräusche wegen die Heizkörper überhaupt nicht in die Wohnräume selbst, sondern verbindet die Dampfheizungen mit einer Luftheizung der Art, dass man die Luft an einem centralen Dampfheizkörper oder an mehreren, z. B. auf dem Corridor aufgestellten Heizkörpern sich erwärmen und dann in das Zimmer einströmen lässt.

Grosse Verbreitung gewinnen in neuerer Zeit die sogenannten **Niederdruckdampfheizungen**, die auch in kleineren Gebäuden sich mit Vortheil ausführen lassen.

Der Kessel dieser Heizung hat ein offenes Standrohr, so dass höchstens $^1/_2$, gewöhnlich nur $^1/_{10}$ Atmosphäre Ueberdruck vorhanden ist, und ist daher nicht concessionspflichtig. Im Kessel befindet sich ein centraler Heizkasten, der von oben beschickt wird. Der Luftzutritt zur Feuerung und damit die Intensität der Feuerung und Dampfentwicklung kann automatisch durch die Dampfspannung im Kessel regulirt werden (BECHEM & POST); oder eine in Hg schwimmende Glocke hebt je nach ihrer Belastung durch Plattengewichte ein Ringventil, das den Luftzutritt zur Feuerung regelt (KELLING). Die **Heizapparate** sind Radiatoren oder Rippenregister, die vielfach mit einem „Vorsetzer", einem Mantel aus Eisenblech, oder auch aus schlecht leitendem Material umgeben sind, so dass keine Erwärmung der Zimmer durch Strahlung stattfindet (Fig. 123). Die Beheizung geschieht dann vielmehr durch erwärmte Luft, die unten an dem Heizapparate ein- und oben austritt. Die Eintrittsöffnung ist beliebig verstellbar; vom Heizapparat geht ausser dem ein Canal nach aussen, durch welchen frische Luft in's Zimmer eingeführt werden kann. — Die Regulirung der Wärme der Heizkörper erfolgt im übrigen dadurch, dass der für die Wärmeabgabe ausgeschaltete Theil sich mit Wasser (KÖRTING'sche Syphon-Wasservorrichtung) oder mit Luft aus der Kondensleitung füllt.

Fig. 123. Heizkörper der Niederdruckdampfheizung.
r Zu- und Ableitungsrohr. *B* Isolirmantel. *c* verstellbare Klappe. *d* Oeffnung für Circulation. d_1 für Ventilation.

Neuerdings wird für Gebäude mit starkem Ventilationsbedarf Schulen, Krankenhäuser u. s. w., vielfach vorgezogen, zunächst durch Zufuhr von gewärmter Luft mittelst einer gesonderten Luftheizung die nöthige Ventilation zu beschaffen und zugleich damit einen **Theil** des Wärmebedarfs zu decken; dann aber für die Deckung des weiteren Wärmebedarfs, namentlich in den Perioden grösserer Kälte, durch Oefen oder Wasser- oder Dampfheizung zu sorgen. Die Unabhängigkeit beider Anlagen von einander ist von entschiedenem Vortheil. — Ueber die sog. **Fussbodenheizung** siehe im Kap. „Krankenhäuser".

Litteratur: RIETSCHEL, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Auflage, Berlin 1902. — FISCHER im Handbuch der

Architektur. Th. III, Bd. 4, 1891. — Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung, 1887. — Schmidt, Heizung und Ventilation, in Weyl's Handbuch der Hygiene, 1896. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 1896.

V. Ventilation der Wohnräume.

Wie S. 158 genauer ausgeführt wurde, verändern die in einem geschlossenen Raume lebenden Menschen die Beschaffenheit der Luft in hohem Grade, indem sie erstens Wärme und Wasserdampf in solcher Menge produciren, dass schliesslich eine ausreichende Entwärmung des Körpers auf Schwierigkeiten stösst. Häufig sind an dieser Produktion die Beleuchtungskörper der Wohnräume stark betheiligt. Zweitens consumiren Menschen und Beleuchtungsmaterialien allmählich den Sauerstoff, jedoch ohne dass es je zu einer bedenklichen Verminderung des Sauerstoffgehalts der Luft kommt. Drittens sammeln sich gasförmige Verunreinigungen an, Kohlensäure, ferner riechende Gase, die durch Zersetzung der auf Haut und Schleimhäuten sich sammelnden Epithel- und Secretreste, oder auch durch unvollkommene Verbrennung der Beleuchtungsmaterialien u. s. w. entstehen. (Bezüglich der hygienischen Bedeutung dieser Luftverunreinigungen s. S. 158). — Viertens kommt es in bewohnten Räumen oft zu einem starken Staubgehalt der Luft. Eingeschleppte Erde, Staub aus der Füllung des Zwischenbodens, Fasern von der Kleidung und den Möbelstoffen, die feinsten Theilchen der Brennmaterialien und die mit der Aussenluft in den Wohnraum gelangenden Staub- und Russpartikel bilden das Material des Wohnungsstaubes, der bei den verschiedensten Hantirungen und Bewegungen der Bewohner in die Luft aufgewirbelt wird. In besonders grossen Mengen wird bei manchen Gewerben Staub geliefert (s. unten). — Fünftens gesellen sich zum Luftstaub infektiöse Organismen, wenn Infektionsquellen in den Wohnraum gebracht wurden, theils in Form von ausgehusteten Tröpfchen (Influenza, Diphtherie, Pestpneumonie) oder ausser in Tröpfchenform auch in Gestalt trockener Stäubchen (Phthise, Masern, Pocken u. s. w.). In Krankensälen, in Zimmern, wo derartige Kranke sich aufhalten, ist die Luft häufig dauernd mit Infektionserregern beladen und kann leicht zu Infektionen Anlass geben (s. S. 169).

Die Ventilation verfolgt nun den Zweck, alle diese durch die Bewohner bewirkten Veränderungen der Wohnungsluft möglichst zu beseitigen und die Räume auch für längere Zeit ohne jeden Nachtheil für die Gesundheit bewohnbar zu erhalten. Sie hat daher die Aufgabe:

1) die producirte Wärme abzuführen und die Wärmeabgabe der Bewohner zu erleichtern; 2) den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen; 3) die gasigen Verunreinigungen der Wohnungsluft zu entfernen; 4) den Staub und 5) etwaige am Staub haftende Infektionskeime zu beseitigen. — Diese Aufgabe sucht die Ventilation zu erreichen theils durch Fortschaffung der unbrauchbar gewordenen Wohnungsluft, theils durch Zuführung frischer, reiner Aussenluft; die Grösse des Luftwechsels soll dabei dem Grade der Verunreinigung der Wohnungsluft einigermassen angepasst werden.

Dementsprechend ist zunächst die Frage aufzuwerfen, wie sich über den quantitativen Ventilationsbedarf eine Orientirung gewinnen lässt; sodann sind die Mittel und Wege zu bezeichnen, mit Hülfe deren das geforderte Ventilationsquantum geliefert werden kann und es sind die verschiedenen Arten von Ventilationsanlagen zu schildern; und schliesslich ist zu fragen, inwieweit die praktisch ausführbaren Ventilationsanlagen den einzelnen oben aufgezählten Aufgaben gerecht werden.

A. Der quantitative Ventilationsbedarf.

Bei der Abmessung des Ventilationsbedarfs berücksichtigt man gewöhnlich nur die gasigen Verunreinigungen der Luft und als deren Indikator die CO_2, da diese am leichtesten einer Messung zugänglich ist.

Wie oben (S. 161) näher ausgeführt wurde, empfindet man bei einem Gehalt der Luft von 1·0 pro mille Kohlensäure bereits eine gewisse Belästigung, vorausgesetzt, dass die CO_2 der menschlichen Athmung und der Beleuchtung entstammt, und dass die hygienisch differenten, die Kohlensäure begleitenden gasigen Produkte gleichzeitig und in entsprechender Menge in die Luft übergegangen sind. Demnach ist der Gehalt der Wohnungsluft an CO_2 durch die Lüftung höchstens auf 1·0 pro mille CO_2, wo möglich darunter, zu halten.

Wie viel Luft nötig ist, um dies Ziel in jedem Einzelfall zu erreichen, das ist zu berechnen, sobald man die Menge der Kohlensäure berücksichtigt, welche Menschen und Beleuchtungsmaterialien in der Zeiteinheit (1 Stunde, 1 Tag u. s. w.) produciren.

Ein Mensch liefert im Mittel stündlich 22·6 Liter CO_2; ein Schulkind etwa 10 Liter, eine Stearinkerze 12 Liter, eine Petroleumlampe 60 Liter, eine Gasflamme 100 Liter. Befindet sich also z. B. ein Mensch in einem Wohnraum, und werden von demselben stündlich 22·6 Liter Kohlensäure producirt, so soll sich diese Menge Kohlensäure auf ein derartiges Luftquantum = x Liter vertheilen, dass der Gehalt an CO_2 nur 1 : 1000 beträgt. Da die zugeführte Luft bereits einen

gewissen CO_2-Gehalt mitbringt, nämlich 0·3 pro mille (also 0·0003 Liter in jedem Liter Luft), so lautet die Gleichung:

$$\frac{22\cdot 6 + x \, . \, 0\cdot 0003}{x} = \frac{1000}{1}$$

und wir finden in dieser Weise $x = 32000$ Liter oder 32 cbm. Diese Luftmenge von 32 cbm muss also stündlich je einem Menschen zugeführt werden, falls der Kohlensäure-Gehalt im Wohnraum niemals über 1 pro mille steigen soll.

Es ergiebt sich hieraus weiter die erforderliche Grösse des Wohnraumes, der sogenannte Luftkubus, für einen Menschen. Man hat nämlich die Erfahrung gemacht, dass sich die Luft eines Wohnraumes mit Hülfe der üblichen Ventilationsanlagen auf die Dauer im Allgemeinen nicht mehr wie zweimal pro Stunde erneuern lässt. Daraus folgt, dass der minimale Luftraum für einen Menschen auf 16 cbm, die Hälfte des Ventilationsquantums, normirt werden muss.

In den meisten Fällen leistet die Ventilation weit weniger als eine zweimalige Erneuerung der Zimmerluft, und dementsprechend ist der Luftkubus meist grösser zu bemessen.

Wohl zu beachten ist, dass die Ermittelung des Ventilationsbedarfs auf Grund der CO_2-Werthe nur für einen Theil der Aufgaben der Ventilation Geltung hat. Höchstens die Produktion belästigender Gase pflegt häufiger dem CO_2-Gehalt parallel zu gehen; dagegen ist ein Parallelismus mit der im Raum producirten Wärme selten und ein Parallelismus mit dem Gehalt der Luft an Staub und Infectionskeimen handen.

Da durch die Erschwerung der Wärmeabgabe im Wohnraum viel ernstere hygienische Nachtheile entstehen als durch belästigende Gase, hat Rietschel mit Recht versucht, in den Fällen, wo ein Parallelismus zwischen CO_2-Gehalt und Temperatur nicht zu erwarten ist, die Wärme des Wohnraums selbst als Maassstab für den Ventilationsbedarf zu befast niemals vornutzen.

Im Beharrungszustand und bei gleichmässiger Vertheilung der Wärme im Raum ist der stündliche Luftwechsel in cbm, ausgedrückt in der zulässigen Temperatur t, zu berechnen nach der Formel:

$$L = \frac{W(1 + \alpha t)}{0\cdot 306\,(t - t_1)},$$

wo t_1 die Temperatur der eingeführten kühleren Luft, W die Wärmezufuhr, α den Ausdehnungskoefficienten der Luft bedeutet.

Bei dieser Berechnung ist dann immer noch nicht die Wasserdampfansammlung berücksichtigt, welche neben CO_2 und Wärme von

Menschen und Beleuchtungsflammen geliefert wird, und welche die Wärmeabgabe stark beeinflusst, ausserdem auch specifisches Unbehagen erzeugt. — Vollends gilt der aus dem CO_2-Gehalt abgeleitete Luftbedarf nicht für die Beseitigung des Staubes und der Infektionserreger. — Für alle letztgenannten Aufgaben der Ventilation ist demnach eine vorgängige Bedarfsberechnung nur unvollkommen oder überhaupt nicht möglich.

B. Die Deckung des Ventilationsbedarfs.

1. Natürliche und künstliche Ventilation.

Die erforderlichen Luftmengen kann man zunächst durch die sogenannte natürliche, ohne unser Zuthun sich vollziehende Ventilation zu beschaffen suchen. Man verlässt sich alsdann auf die stets vorhandenen natürlichen Oeffnungen des Wohnzimmers, die in den Poren des Mauerwerks, des Fussbodens und der Decke, ferner in den Ritzen und Fugen der Fenster und Thüren gegeben sind.

Es ist aber experimentell nachgewiesen, dass die Porenventilation sich wesentlich in vertikaler Richtung durch die Poren der Decke und des Fussbodens vollzieht und zwar im Winter von unten nach oben; in entgegengesetzter Richtung dann, wenn das Haus kälter ist als die Aussenluft. Nach Messungen mit dem Differentialmanometer (S. 415) ist an den seitlichen Wandungen der Ueberdruck, welcher einen Luftaustausch veranlasst, wesentlich geringer; er nimmt vom Fussboden und von der Decke her allmählich ab gegen eine „neutrale Zone“, wo er = Null wird. Oberhalb dieser Zone findet im Winter Ausströmung, unterhalb derselben Einströmung statt. Diese Art von Luftaustausch führt also wesentlich zu einem Luftaustausch der verschiedenen Stockwerke, der in keinem Falle zu befürworten ist. — Ausserdem wissen wir bei dieser Ventilation nichts Genaueres über die Herkunft der einströmenden Luft. Ferner haben wir keine Regulirung dieser Lüftung in der Hand; dieselbe zeigt sich bei Windstille und schwachen Winden völlig ungenügend, während sie sich bei Sturm unter Umständen in unangenehmster Weise fühlbar macht. Aehnlich sind die Verhältnisse der Ein- und Ausströmung durch zufällige gröbere Ritzen und Fugen in den Seitenmauern; im Winter strömt im unteren Theil die kalte Luft ein, im oberen die warme aus.

Es ist somit die natürliche Ventilation von dem Ideal einer Lüftungsanlage sehr weit entfernt. Wir müssen dieselbe so viel als möglich, insbesondere durch Dichtung der zufälligen Ritzen und Fugen, ausschalten und statt dessen versuchen, besondere, künstliche Lüftungsanlagen einzurichten; bei diesen muss

1) die Entnahmestelle bekannt sein und wir müssen Garantie für Reinheit der zugeführten Luft haben; ebenso darf die fortgeschaffte unreine Luft nicht mit Menschen in Berührung kommen.

2) müssen wir die Lage der Zufuhr- und der Abfuhröffnungen so wählen können, dass eine möglichst vollständige Durchlüftung des bewohnten Theils des Zimmers erfolgt und dass unter keinen Umständen eine Belästigung der Bewohner durch Zugluft eintritt;

3) muss die Ventilation jeder Zeit quantitativ ausreichen, d. h. über hinreichend kräftige Motoren verfügen, die leicht regulirbar sind.

2. Systeme der künstlichen Lüftung.

Nach der Art der Luftentnahme unterscheidet man zwei Ventilationssysteme, die in Bezug auf die Reinheit der Luftzufuhr Ungleiches leisten; nämlich das Aspirationssystem und das Pulsionssystem. Bei ersterem besorgt der Motor die Abströmung der Luft, befindet sich jenseits des von dem Luftstrom zu ventilirenden Raumes. Bei der Pulsion besorgt der Motor die Zuströmung und befindet sich — in der Richtung des Luftstroms — vor dem zu ventilirenden Raum.

Die Pulsion ist insofern vorzuziehen, als man bei dieser gerade die Entnahmestelle der Luft besonders in's Auge fasst und also auf ein Eindringen frischer, reiner Luft in erster Linie achtet. Um die abströmende Luft kümmert man sich dabei oft nicht. — Bei der Aspiration weist man der abströmenden Luft zwar besondere Wege an, achtet aber weniger darauf, woher und auf welchen Wegen die Luft dem Wohnraum zuströmt.

Allen Anforderungen entsprechend und der Pulsion gleichwerthig wird die Aspiration dadurch, dass man ausser den Abfuhrcanälen auch besondere, weite und wenig Widerstände bietende Zufuhrcanäle von einer bestimmten tadellosen Stelle aus anlegt. Wirkt man dann aspirirend, so bleiben alle engeren, zufällig vorhandenen Oeffnungen unberücksichtigt und die Zuströmung erfolgt nur auf dem gewiesenen Wege. — Andererseits ist Pulsion in den Fällen völlig unangebracht, wo es sich darum handelt, inmitten grösserer Gebäude einzelne Räume zu ventiliren, in denen üble Gerüche, Staub, Infectionserreger in die Luft übergehen (Closets, Krankenräume). Ein Pulsionssystem würde hier die übelen Gerüche u. s. w. in die übrigen Theile des Hauses verbreiten. Hier ist vielmehr lediglich Aspiration indicirt. — Nicht selten kombinirt man beide Systeme und erzielt damit die besten Wirkungen.

Ueber die Entnahmestellen der zuströmenden Luft und ihre Befreiung von Staub durch Einschaltung von Filtern u. s. w. siehe S. 395.

3. Anordnung der Ventilationsöffnungen.

Die Frage, wo die Ventilationsöffnungen im Zimmer angebracht werden sollen, ist nicht für jeden Fall in gleicher Weise zu entscheiden. — Für gewöhnlich ist das untere Drittel des Zimmers, das eigentlich bewohnt wird, zu ventiliren, und man könnte es daher wohl für das richtigste halten, in diesem unteren Drittel die Einströmungsöffnungen, und oben oder unten die Abströmungsöffnungen anzubringen. Diese Anordnung ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Aussenluft, wie dies im Hochsommer der Fall ist, ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie die Zimmerluft („Sommerventilation", Fig. 124 b). Andernfalls ist stets mit dieser Anordnung eine zu lästige Zugempfindung verbunden. Während des grösseren Theils des Jahres sind daher die Zufuhröffnungen unbedingt über Kopfhöhe anzulegen und auch dann ist dem Luftstrom zunächst eine Richtung nach oben zu geben. Von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken, das bewohnte untere Drittel des Zimmers durchströmen, und ist dann unten abzuführen, und zwar durch über Dach gehende Kamine entweder mit besondere grösseren Oeffnungen im Zimmer oder mit offenen Sammelcanälen, die mit Hülfe von Holzpanelen u. dergl. am Fusse der kältesten Wände angelegt werden („Winterventilation", Fig. 124a).

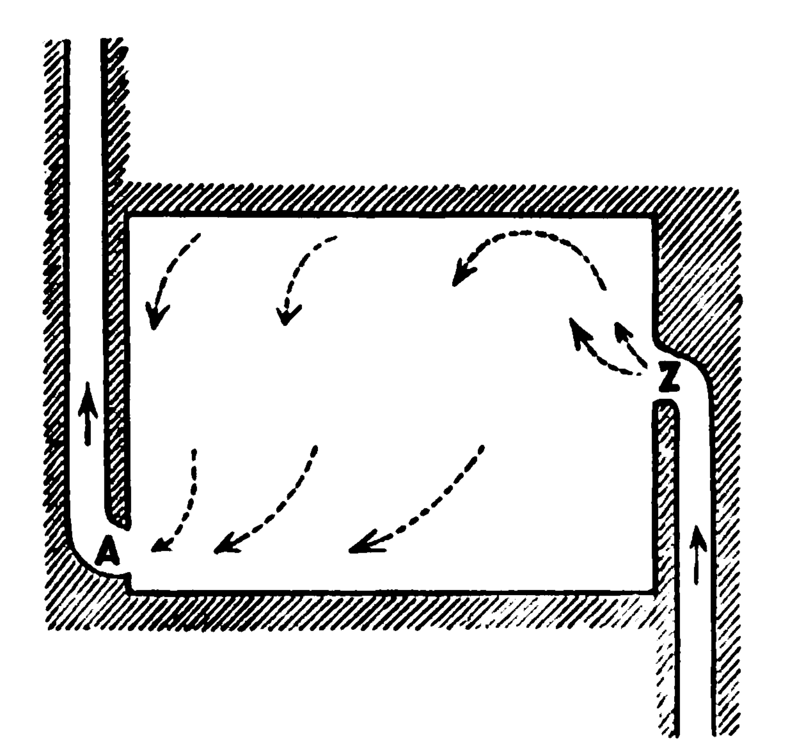


Fig. 124 a. Winterventilation.
Z Zufuhr-, *A* Abfuhrcanal.

Es ist zwar darauf hingewiesen, dass die verdorbene Luft sich gewöhnlich unter der Decke am stärksten ansammelt. Dies ist aber — abgesehen von Wärmequellen im oberen Theil des Zimmers — nur dann der Fall, wenn letzteres nicht genügend ventilirt wird. Ist die Ventilation ausreichend, so kommt es zu keiner solchen Ansammlung und es wird eine ausreichend reine Luft in den unteren Theil des Zimmers geführt.

Unter Umständen kommt es allerdings vor, dass vorübergehend die Ventilation ungenügend ist (wenn ausnahmsweise zahlreiche Menschen

sich in dem Zimmer versammeln u. s. w.) und dass dann Wärme, Tabaksrauch u. s. w. im oberen Theile des Zimmers sich häufen. In diesem Fall ist das Zimmer zeitweise so zu ventiliren, das seine obere, nahe der Decke oder in der Decke gelegene Abströmungsöffnung benutzt wird, während die Einströmung wie bisher (über Kopfhöhe) bleibt (Fig. 124c). Für die Dauer ist diese Anordnung jedoch nicht beizubehalten, weil dabei das untere Drittel des Zimmers verhältnissmässig unberücksichtigt bleibt.

Eine andere Anordnung ist ferner dann nöthig, wenn unter der Decke starke Wärmequellen, z. B. Gaskronleuchter u. s. w. angebracht sind, die ein kräftiges Aufsteigen der verdorbenen Luft bewirken. Die Abströmung ist dann oben, die Einströmung im unteren Theil des Zimmers anzubringen, wie bei der Sommerventilation. Dementsprechend ist die

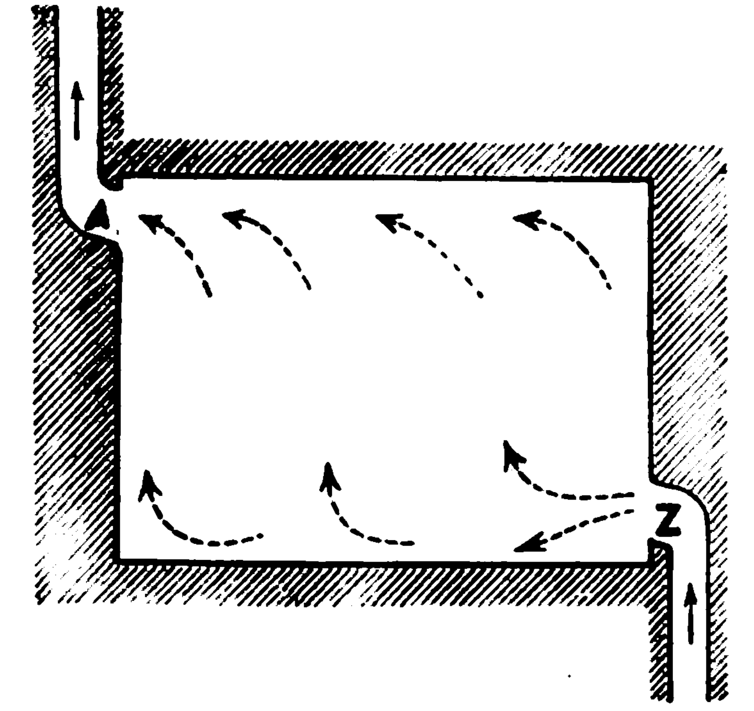


Fig. 124 b. Sommerventilation.

Fig. 124 c. Vorübergehende Ventilation.

Einströmungsluft sorgfältig zu temperiren oder, wenn sie kalt oder stark erwärmt einströmt, muss gleichzeitig eine energische Vertheilung der eindringenden Luft auf viele kleine Oeffnungen (Porenventilation) vorgesehen werden, um lästige Empfindungen zu vermeiden.

4. Motoren.

Die jeweilige quantitative Leistung und die Regulirfähigkeit der Ventilationsanlage ist von der Art des angewendeten Motors abhängig.

Als Motoren stehen uns zur Verfügung: a) der Wind, b) Temperaturdifferenzen, c) maschineller Betrieb.

a) Der Wind. Derselbe muss bei jeder Ventilationsanlage berücksichtigt werden, weil er dieselbe andernfalls leicht ungünstig beeinflussen kann. Statt dessen sucht man den Wind so viel als möglich zur Unterstützung der Anlage heranzuziehen. Sich auf den Wind als ausschliesslichen Motor zu verlassen, ist nicht zulässig, weil Rich-

tung und Stärke des Windes zu grossen Schwankungen unterliegen. In einer gewissen Höhe über dem Boden haben wir allerdings selten völlige Windstille, aber gerade an heissen schwülen Tagen versagt diese Wirkung gänzlich, und die Differenzen der Windstärke sind so gross, dass sie eine fortgesetzte Regulirung der Anlage nöthig machen.

Die Unterstützung der Anlage durch Wind wird entweder in der Weise arrangirt, dass man denselben über Dach aspirirend auf die Luft der Abfuhrcanäle wirken lässt, und dass man Einrichtungen trifft, mittelst welcher diese Aspiration bei jeder Windrichtung ausgeübt wird. Dies wird erreicht durch die Schornsteinaufsätze oder „Saugkappen“. Die Wirkung derselben stützt sich auf 2 experimentell begründete Erfahrungen: einmal darauf, dass jeder Luftstrom in Folge der Reibung die nächstgelegenen Lufttheilchen mit sich fortreisst und hierdurch in seiner Umgebung eine Luftverdünnung veranlasst, die zu weiterem Zuströmen der umgebenden Luft den Antrieb giebt; zweitens darauf, dass ein Luftstrom, der gegen eine Fläche oder

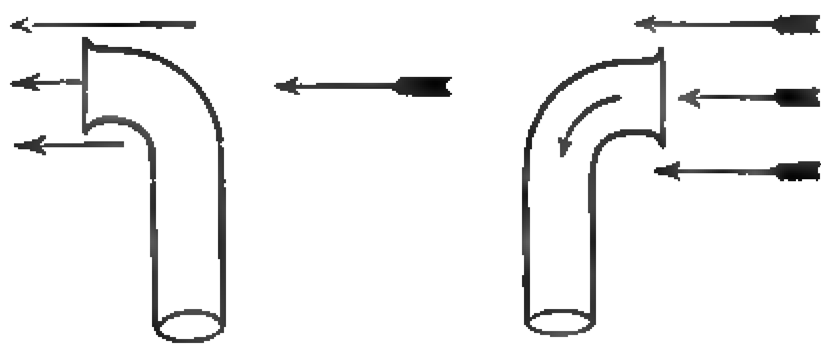


Fig. 125. WOLPERT's Schornsteinaufsatz. Fig. 126 a. Aspirationsaufsatz. Fig. 126 b. Presskopf.

gegen einen Cylinder geblasen wird, nicht etwa reflectirt wird, sondern sich über die ganze Fläche ausbreitet und an den Rändern in derselben Richtung weiter fliesst, dabei aber an der entgegengesetzten Seite eine kräftige Luftverdünnung erzeugt. Auf das erste Princip sind z. B. die WOLPERT'schen Aufsätze (s. Fig. 125) gegründet, bei welchen der Wind bei jeder Richtung gezwungen wird, in einem schräg von unten nach oben gerichteten Strome über die Oeffnung des Abfuhrcanals hinwegzustreichen. Fortwährend wird dann Luft aus dem Canal aspirirt. Durch eine horizontale Deckelplatte gewähren diese Aufsätze ausserdem Schutz gegen Einfall von Regen. — Die nach dem zweiten Princip construirten Aufsätze sind Cylinder, die oben rechtwinklig gekrümmt sind, und dort eine trompetenartige Oeffnung haben (s. Fig. 126a). Oberhalb der Oeffnung ist eine Windfahne angebracht, und der Cylinder ist auf dem Schlot drehbar. Der Aufsatz stellt sich dann immer so, dass die

Oeffnung vom Winde abgewandt ist, und dieser stets aspirirend wirkt.

Hierher gehört auch die sogenannte Firstventilation, die vielfach bei Krankenbaracken, ferner bei Eisenbahnwagen u. s. w. angewendet wird. Ueber dem offenen Dachfirst wird in einem gewissen Abstand ein derartiger Aufsatz angebracht (s. Kap. Krankenhäuser) und der Zwischenraum zwischen diesem und dem Dach mit stellbaren Jalousieen ausgefüllt. Durch entsprechende Stellung der letzteren kann es erreicht werden, dass der Wind in jedem Falle von unten nach oben über den offenen Dachfirst wegstreicht und hier aspirirend auf die Luft des Innenraums wirkt.

Bei allen diesen Aspirationswirkungen des Windes muss natürlich vorausgesetzt werden, dass besondere Zufuhrcanäle für die Luft vorhanden sind, da andernfalls unreine Luft aus beliebigen anderen Räumen (Closets, Küchen) in die zu ventilirenden Zimmer eingeführt wird!

Fig. 127 SHERINGHAM'sche Lüftungsklappe.

Will man an den Fenstern des zu ventilirenden Raumes Oeffnungen anbringen, durch die der Wind wirken soll, so macht man am besten die oberen Fensterscheiben um eine horizontale Achse drehbar, so dass die Scheibe nach innen klappt. Je nach Bedarf kann man dann eine grössere oder kleinere Oeffnung herstellen, und der eindringende Luftstrom wird auf der schrägen Fensterfläche zunächst nach oben dirigirt. Durch Schutzbleche, die eventuell durchbrochen sein können, ist das seitliche Ausströmen der Luft zu verhindern (SHERINGHAM'sche Lüftungsklappe, Fig. 127). Lässt man diese Schutzbleche fort, so entsteht ein directes Herunterströmen der kalten Luft, so dass die in der Nähe Sitzenden oder Liegenden stark belästigt und geschädigt werden. — Vielfach werden einfache Oeffnungen in einer der Aussenwände nahe der Decke angebracht und mit irgend welchen Zierrathen oder auch mit rotirenden Rädchen versehen, um eine möglichste Vertheilung der eindringenden Luft zu bewirken. Selbstverständlich ist nicht daran zu denken, dass die rotirenden Rädchen eine Verstärkung des Luftstroms bewirken. Sie werden im Gegentheil durch die in das Zimmer eindringende Luft bewegt und wirken also nur hemmend und schwächend auf die Ventilation.

Wohl zu bedenken ist, dass es bei jeder Fensterventilation ganz von der zufällig vorhandenen Richtung und Stärke des Windes

abhängt, ob Pulsion oder Aspiration zu Stande kommt und in welchem Maasse. Häufiger, namentlich im Winter, erfolgt Einstrom; dann wird die Zimmerluft oft in unzulässiger Weise, z. B. von Krankenzimmern, aus in's Haus getrieben; und bei Aspiration kann unreine Luft nachströmen.

Soll in jedem Falle Einstrom durch den Wind erfolgen, so wendet man Presskopfe an, durch welche z. B. auf Schiffen frische Luft in die unteren Räume (namentlich in den Maschinenraum) eingepresst wird; dieselben sind ebenso geformt wie die aspirirend wirkenden cylindrischen Aufsätze (Fig. 126b), nur dass die Oeffnung hier dem Wind stets entgegengerichtet wird. Mit Pressköpfen anderer Construction werden die Einströmungsöffnungen für Pulsionsanlagen versehen.

b) Temperaturdifferenzen. Sobald Luft erwärmt wird, dehnt sie sich aus und wird specifisch leichter. Da die entstehenden Gewichtsdifferenzen sehr bedeutend sind, so kommen starke Gleichgewichtsstörungen und bedeutende Ueberdrücke zu Stande. Diesen entsprechend findet dann eine Bewegung der Luft statt, welche sich dauernd erhält, so lange die Temperaturdifferenz vorhanden ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist von der Grösse der Temperaturdifferenz $t-t'$, von der Höhe der Luftsäule h und von der Fallbeschleunigung ($g = 9 \cdot 81$) abhängig und berechnet sich im Einzelfalle nach der Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2hg \cdot (t-t')}{273+t}}.$$

Die Temperaturdifferenzen kommen bei Ventilationsanlagen zur Anwendung erstens durch Vermittelung der Oefen. Man vermeidet die Aspiration durch beliebige zufällige Eintrittsöffnungen, und verbindet vielmehr den Ofen mit einem bestimmten Zufuhrcanal, so dass eine Art Pulsionssystem entsteht. An der äusseren Hausseite legt man die (eventuell mit Zierrathen versehene) Einströmungsöffnung des Canals an. Dort wird ev. ein Presskopf und ein Insectenfilter angebracht. Von da aus wird dann der Canal im Zwischenboden hin- und schliesslich in den Mantelraum geführt, wenn ein Mantelregulirfüllofen vorliegt; bei gewöhnlichen Oefen ohne Mantel lässt man den Canal hinter dem Ofen etwa einen Meter über dem Boden offen enden. Der starke Auftrieb leitet dann die Luft zunächst gegen die Decke hin, und von da senkt sie sich allmählich nach abwärts. Ein Schieber dient zur Regulirung des Querschnittes des Canals. Die eingeströmte Luft kann man entweder durch beliebige Oeffnungen den Austritt suchen lassen, oder man richtet besondere Abfuhrcanäle (Oeffnungen nahe dem Fussboden) her, die über Dach mit Aspirationsaufsätzen versehen werden.

Ein ähnliches, einfaches Arrangement lässt sich auch bei Kachelöfen in der Weise treffen, dass der Zwischenraum zwischen Ofen und Wand an den beiden Seiten mit einer einfachen Mauer geschlossen wird, nachdem vorher die Zimmerwand in ihrem unteren Theile eine Oeffnung nach aussen erhalten hat. Die durch diese Oeffnungen eintretende Luft strömt dann hinter dem Ofen nach aufwärts und über den Ofen weg in's Zimmer. Die Anlage ist jedoch nicht so gut regulirbar und nicht so leicht zu reinigen wie die zuerst beschriebene. — Ueber die Ventilation mittelst Luftheizung, Dampfheizung u. s. w. s. unter „Heizung".

Selbstverständlich funktioniren die auf der Ofenwärme basirenden Lüftungsanlagen (auch die Luftheizungen) nur so lange die Oefen geheizt werden. Im Sommer hört die als Motor dienende Temperaturdifferenz und damit jede Luftbewegung auf. Es kann dann höchstens der Wind durch die saugende Wirkung an den Aspirationsschloten, oder aber mit Hülfe geöffneter Fenster wirken. Das ist jedoch eine unzuverlässige, oft versagende und namentlich für die mässig warme Uebergangszeit lästige Art der Ventilation.

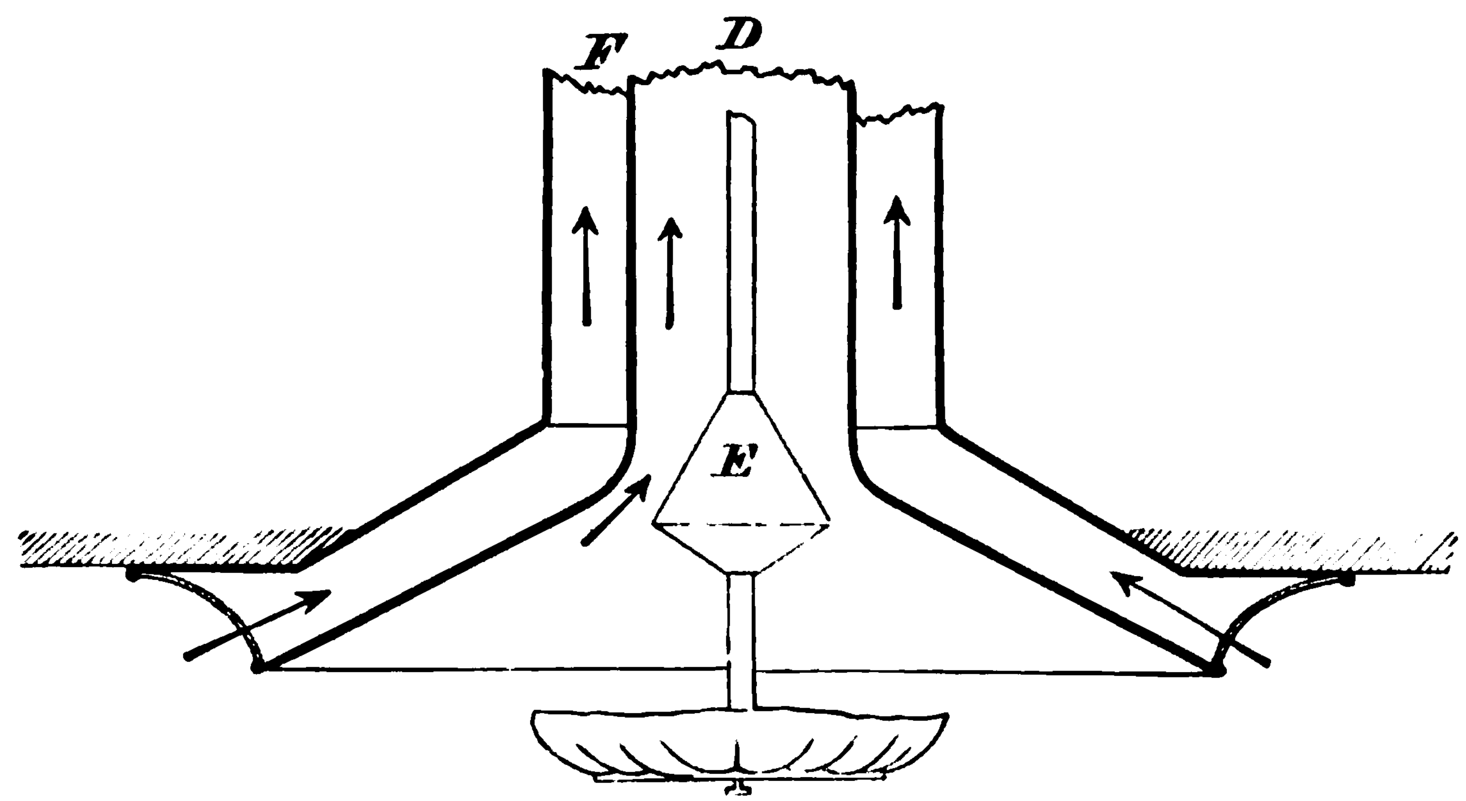


Fig. 128. Sonnenbrenner.
D Abfuhr der Verbrennungsgase. *F* Aeusserer Canal. *E* Schieber, durch welchen der Querschnitt von *D* regulirbar ist.

Besser ist es daher, auch für den Sommer einen besonderen Motor zu schaffen. Man erhält denselben z. B. durch einen eigens zu diesem Zwecke geheizten Kamin, dessen Rauchrohr man neben den Ventilationsschornstein legt, beide nur getrennt durch eine gusseiserne Platte; oder man führt den eisernen Rauchkamin in der Mitte eines grösseren gemauerten Schornsteins in die Höhe und lässt in dem stets warmen Zwischenraum zwischen beiden die Abfuhröffnungen münden (vergl. Fig. 119, Lufheizungsschema).

Sind keine Feuerungen für die Ventilation benutzbar, so können sehr leicht durch Gasflammen die nöthigen Temperaturdifferenzen hergestellt werden. Man lässt dieselben in dem Abfuhrcanal brennen und wählt kräftig hitzende Flammen, am besten Bunsenbrenner. Dieselben fördern stündlich 120—150 cbm Luft bei einem Verbrauch von 200 Liter Gas und für den Preis von 3—4 Pf.

Bei grösseren Anlagen construirt man ganze Kränze von Bunsenbrennern oder wählt sogenannte Sonnenbrenner (s. Fig. 128) zur Beleuchtung. Bei letzteren ist ein Rohr, welches die Verbrennungsgase abführt und durch dieselben stark erwärmt wird, von einem weiteren unten offenen Rohr umgeben, in welches die Zimmerluft kräftig aspirirt wird.

Alle die vorbeschriebenen Anlagen beruhen auf Aspiration. Sie sind daher nur zulässig, wenn gleichzeitig bestimmte weite Zufuhrwege gegeben sind, z. B. herabklappbare Fensterscheiben oder Fensterjalousieen oder aber besonders angelegte zum Ofen resp. zum Calorifer führende Canäle. Stets sind Klappen oder Schieber zur Regulirung anzubringen.

c) Maschinenbetrieb. Derselbe bietet besondere Vortheile, weil die Maschinen die empfindlichste Regulirung gestatten. Dieselben sind jetzt in jeder Grösse und schon zu den billigsten Preisen zu haben. — Für die einfachsten Anlagen benutzt man am besten Wasserbetrieb.

Entweder wählt man Turbinenrad-Ventilatoren: in denselben bewegt der Wasserstrahl ein Flügelrad; auf der gleichen Welle sitzt ein zweites grösseres Turbinenrad, das sich in einem Luftcanal befindet und bei seinen Umdrehungen die Luft vordrückt. Je nachdem man das Wasser von rechts oder von links einströmen lässt, bekommt man an der gleichen Oeffnung Pulsion oder Aspiration (Kosmosventilatoren, Centrifugalventilatoren u. a. m.). — Oder man benutzt sogenannte Wasserstrahl-Ventilatoren (Victoria-Ventilator), bei welchen ein kräftiger Wasserstrahl, der durch ein feines Sieb hindurchgeht und sich dann in einem engen Cylinder ausbreitet, grosse Mengen von Luft mitreisst. Im Durchschnitt fördern diese Ventilatoren mit einem Wasserverbrauch von 100 Liter pro Stunde (also für den Preis von 1—2 Pf.) 30—40 cbm Luft. Manche derselben arbeiten nicht ohne Geräusch; doch giebt es auch Constructionen, bei welchen Geräusche kaum wahrnehmbar sind, namentlich wenn für gute Oelung der Zapfenlager gesorgt wird.

Ferner lassen sich Gasmotoren oder Dampfmaschinen verwenden, um grössere Flügel- oder Schrauben-Ventilatoren zu bewegen.

Die Flügelventilatoren bestehen aus einem geschlossenen Gehäuse, in welchem eine Welle mit Flügeln liegt. Die Luft im Gehäuse wird durch Wirkung der Centrifugalkraft an der Peripherie verdichtet, im Centrum ausgedehnt; an der Peripherie liegt die Ausblasöffnung, in der Nähe der Welle die Einströmungsöffnung. — Schraubenventilatoren bestehen aus einem offenen eisernen Cylinder, in dessen Achse eine Welle liegt, welche senkrecht mehrere schraubenförmig gewundene Flügel trägt. Durch Drehung der Welle wird eine Verdichtung der Luft hinter derselben, eine Ausdehnung vor der Welle bewirkt und dadurch eine Bewegung eingeleitet.

Auch Dampfstrahlventilatoren werden neuerdings benutzt, bei welchen der Dampf aus einer engeren in eine weitere Düse eintritt und dadurch in letzterer eine Luftverdünnung erzeugt, durch welche Luft angesaugt und fortgerissen wird. Aehnlich wirkt ein Strom comprimirter Luft, der durch starke mit Luft betriebene Luftcompressionspumpen erzeugt wird. Die letzgenannten Anlagen sind jedoch mit starkem Geräusch verbunden und daher nur für Arbeitsräume in Fabriken u. s. w. verwendbar.

Ueber die Zufuhr gekühlter Luft siehe S. 382.

C. Prüfung der Ventilationsanlagen.

Für eine genauere Beurtheilung der quantitativen Leistungsfähigkeit einer Anlage ist es erforderlich, die zu- oder abgeführte Luftmenge zu ermitteln und die mögliche Steigerung der Luftzufuhr oder -Abfuhr festzustellen.

Erfolgt die Ventilation durch eigene Luftcanäle, so benutzt man zur Messung folgende Methoden, auf welche sich der Untersucher besonders einüben muss und die daher hier nur angedeutet werden:

1) Differentialmanometer. Dieselben messen direct den Ueberdruck der Aussen- resp. Innenluft. Da es sich um sehr kleine Ueberdrücke handelt, ist der eine Schenkel des Manometers kein vertikal aufsteigendes Rohr, sondern derselbe liegt nahezu horizontal, mit ganz geringer Steigerung; ferner wird zur Füllung Petroleum benutzt, das specifisch leicht ist und sich ohne Widerstand in feinen Glasröhren bewegt. Führt man ein besonders construirtes Ansatzrohr in den zu untersuchenden Luftstrom, so lässt sich aus den Angaben des Manometers die Ventilationsgrösse mittelst einfacher Formeln berechnen.

2) Anemometer, s. S. 120. Nach genauer Aichung der Instrumente werden bei Aspirationsanlagen in der Abströmungsöffnung, bei Pulsionsanlagen in der Zuströmungsöffnung zahlreiche Messungen vorgenommen, jede von mindestens 2—3 Minuten Dauer, und aus ihnen das Mittel gezogen. Eine Reihe von Bestimmungen ist in der Mitte, eine zweite in der äussersten Peripherie und eine dritte zwischen Mitte und Peripherie der Oeffnung zu machen. Die gefundene mittlere Geschwindigkeit des Luftstroms in der betreffenden Oeffnung multiplicirt mit dem Querschnitt derselben ergiebt das geförderte Luftquantum.

Erfolgt die Ventilation theilweise oder ausschliesslich durch natürliche Oeffnungen (Ritzen, Poren), so lässt sich die Grösse des Luftwechsels durch die Kohlensäure-Bestimmung ermitteln.

Man lässt durch Brennen von Kerzen oder durch die Athmung zahlreicher Menschen (Schulkinder) in dem zu untersuchenden Raum einen hohen CO_2-Gehalt herstellen, sodann sistirt man die weitere CO_2-Produktion, indem man die Lichter auslöscht oder die Menschen hinausgehen lässt, bestimmt den CO_2-Gehalt der Zimmerluft und überlässt nunmehr eine Stunde lang das Zimmer sich selbst; dann wiederholt man die CO_2-Bestimmung, findet jetzt eine gewisse Abnahme des Gehalts und berechnet aus der Intensität der Abnahme die Luftmenge, welche inzwischen von aussen in das Zimmer eingetreten ist.

Ausser der quantitativen Gesammtleistung ist noch die Vertheilung und Richtung des Luftstroms festzustellen. Ferner ist auf Zugluft zu prüfen.

Letztere ermittelt man entweder durch das Gefühl am entblössten Kopf oder Hals bei ruhigem längerem Sitzen an der zu prüfenden Stelle. Bei kalter Aussenluft erweckt bei den meisten Menschen ein Strom von 5 cm Geschwindigkeit pro Sec., bei Luft von 15° ein solcher von 10 cm deutliche Zugempfindung in der Nähe des Auges. — Oder man kann kleinste Paraffinkerzen (Weihnachtslichter) mit möglichst dünnem Docht zur Prüfung benutzen, die

noch eine Ablenkung der Flamme ungefähr bei der angegebenen Grenzgeschwindigkeit erkennen lassen; die gewöhnlichen Anemometer sind für diese Messungen zu unempfindlich.

D. Leistung der Ventilationsanlagen.

Die Eingangs aufgezählten Aufgaben der Ventilation werden durch die beschriebenen Einrichtungen in sehr verschiedenem Grade erfüllt.

1) Für die Entwärmung, von welcher — wie oben bereits hervorgehoben — in erster Linie das Befinden und Behagen der im geschlossenen Raum befindlichen Menschen abhängt, vermag die Ventilation Erhebliches zu leisten; einströmende bewegte kühlere Luft vermag die Wärmeabgabe durch Leitung zu befördern und die Ansammlung von Wasserdampf in der nächsten Umgebung der Menschen zu verhüten. Ein kräftiger Ventilationsstrom „erfrischt" daher ausserordentlich. Durch Circulation der im Raume befindlichen Luft ohne Luftzufuhr von aussen kann nach neueren Untersuchungen gleichfalls eine sehr erhebliche Erleichterung der Wärmeabgabe erreicht werden, zumal man der circulirenden Luft grössere Geschwindigkeit geben kann, ohne Störungen hervorzurufen. Auf die ungünstigere chemische Beschaffenheit der Innenluft kommt dabei nur wenig an. — Relativ machtlos ist die Ventilation gegenüber starken Wärmequellen, z. B. gegenüber den im Sommer durch Insolation stark erwärmten Hauswänden und den dadurch bedingten hohen Wohnungstemperaturen. Es bedarf alsdann ausserordentlich grosser Mengen event. künstlich gekühlter Luft, die höchstens durch Maschinenventilation oder durch dauernde Oeffnung ganzer Fensterflügel beschafft werden kann (vgl. S. 381).

2) Die Restitution des Sauerstoffs erfolgt selbst bei im übrigen ungenügender Ventilation in ausreichender Weise.

3) Eine Entfernung der gasigen übelriechenden und belästigenden Beimengungen der Luft ist durch ein entsprechendes Luftquantum und zweckmässige Richtung und Vertheilung des Luftstroms relativ leicht zu erreichen.

Indessen wird eine abnorm reichliche Produktion gasiger Verunreinigungen durch eine innerhalb der üblichen Grenzen gehaltene Ventilation nicht mehr zu beseitigen sein. In solchen Fällen kann man versuchen, die Ventilation ausnahmsweise zu verstärken und durch stärkere Motoren sogar eine 4—5 malige Erneuerung der Luft zu erzielen, was bei geschickter Vertheilung der Oeffnungen in der That ohne lästige Empfindung für die Bewohner gelingt, freilich immer nur mit relativ bedeutenden Kosten.

Richtiger ist es aber, die Produktion der Verunreinigungen entsprechend einzuschränken. Befinden sich faulende Stoffe oder sonstige übelriechende Massen in einem Wohnraum, so soll nicht versucht werden, die Luft trotzdem durch Ventilation rein zu halten, sondern die Quellen der Luftverderbnis sind zu entfernen. — Es ist dies eine Regel, welche aus finanziellen Gründen für alle Fälle, nicht nur für die extremen, Gültigkeit beansprucht. So viel als möglich sollte stets die Produktion der Luftverunreinigung verhindert und erst der unvermeidlich bleibende Rest durch Lüftung beseitigt werden. Dementsprechend hat man mit Fug und Recht in neuerer Zeit mehrfach den Versuch gemacht, die schlechte Luft in Schulstuben, Kasernen u. s. w. in erster Linie dadurch zu bessern, dass die Kinder resp. Soldaten in regelmässigen Zwischenräumen Bäder erhalten, dass gleichzeitig auf möglichste Reinlichkeit der Kleidung gesehen wird, und dass die Mäntel ausserhalb des Wohnraums zurückbleiben. Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei Einhaltung dieser Vorschriften eine relativ geringe Ventilation genügt, um eine nicht belästigende Luft herzustellen, nachdem vorher die kostspieligsten Ventilationsanlagen insufficient waren. In solcher Luft darf auch die übliche Grenze des CO_2-Gehalts anstandslos überschritten werden, weil dann eben der gewöhnliche Parallelismus zwischen riechenden Gasen und CO_2 gestört ist.

4) Zur Entfernung des Staubes aus der Luft eines Wohnraumes bedarf es eines Ventilationsstromes von bedeutender Stärke. Während für den Tnrasport feinster Staubpartikel allerdings schon Luftströme von 0·2 mm ausreichen, wird die aus gröberen Theilen bestehende Hauptmasse des Luftstaubes erst durch Luftströme von mehr als 0·2 m Geschwindigkeit fortgeführt; mineralischer Staub erfordert noch stärkere Ströme. Nun beträgt aber die Geschwindigkeit der Ventilationsluft an den Ein- und Austrittsöffnungen zwar $^1/_2$—1 m pro Sekunde, im Innern des Zimmers dagegen $^1/_{1000}$ m und weniger. Es können also lediglich aus der nächsten Umgebung der Abströmungsöffnungen gröbere Staubtheilchen fortgeführt werden, während im grössten Theil des Zimmers höchstens ein längeres Schwebenbleiben und langsameres Absetzen derselben erfolgt. Ist daher z. B. in Fabrikräumen eine Entfernung des in Massen producirten Staubes erforderlich, so kann dies nur dadurch geschehen, dass die Abströmungsöffnung in unmittelbarste Nähe der Staubquelle gebracht wird. Sobald der Staub erst im Zimmer vertheilt ist, sind zur Beseitigung Ventilationsströme von solcher Intensität erforderlich, dass sie erhebliche Belästigung für die Bewohner und eventuell Gesundheitsstörungen mit sich bringen würden.

Handelt es sich um einen momentan nicht bewohnten Raum, so lässt sich die Luft durch starken Zug und bei grossen Oeffnungen

und Gegenöffnungen von Staub ziemlich vollständig befreien. In den Ecken des Zimmers, unter und hinter den Möbeln bleiben jedoch stets grössere Mengen Staub zurück und bei genauerer Besichtigung erkennt man, dass auch die dem Zuge exponirte Fläche des Fussbodens, der Möbel u. s. w. nicht vom Staub befreit sind. Von diesen Stellen aus findet dann auch immer wieder ein erneuter Uebergang von Staub in die Luft statt.

5) Die in der Luft eines Wohnraumes oder Krankenzimmers schwebenden Infektionskeime zeigen gegenüber den Ventilationsanlagen ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Tröpfchen und Staubpartikelchen, an denen sie haften. Es finden sich darunter sehr feine, die durch die üblichen Ventilationsströme bereits fortgeschafft werden können. Ein einwandfreies Fortschaffen gelingt aber keineswegs durch jede Art von Ventilation, z. B. Oeffnen beliebiger Fenster, sondern man muss sicher sein, dass die Keime in einen Aspirationsstrom gelangen, der sie aus dem Bereich der Menschen herausbringt. — Ein grosser Theil jener Keime befindet sich aber stets in Form von gröberen Tröpfchen und Stäubchen. Directe Versuche mit solchem Staub haben ergeben, dass selbst eine Ventilation, bei welcher der Luftraum des Zimmers viermal pro Stunde erneuert wird, noch nicht im Stande ist, eine wesentlich schnellere Verminderung der in der Luft suspendirten Keime herbeizuführen, als beim Fehlen jeder Ventilation. In ruhiger Zimmerluft setzen sich die Keime allmählich innerhalb 1—2 Stunden zu Boden; bei Ventilation von der üblichen Stärke wird ein sehr kleiner Theil eventuell fortgeführt, dafür wird das Niedersinken anderer Keime verzögert, so dass der Gehalt der Luft ungefähr ebenso ist wie bei völlig ruhiger Luft. Werden fortdauernd Keime durch Bewegungen und Hantirungen abgelöst und in die Luft übergeführt, wie dies im Krankenzimmer immer geschieht, so wird durch die Ventilation, die dauernd höchstens 1—$1^1/_2$ malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde zu leisten pflegt, keine nennenswerthe Verminderung der Luftkeime erzielt.

Lässt man auf einen unbewohnten Raum kräftigen Zug wirken, so wird die Luft bald keimfrei. Dagegen vermögen nachweislich selbst die stärksten Ströme (30malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde und mehr) nicht einen grösseren Theil der auf den Begrenzungen des Raumes, Möbeln, Kleidern u. s. w. in Tröpfchen- und Stäubchenform abgesetzten Keime fortzuführen. Auch heftiger Wind im Freien ist bekanntlich nicht im Stande, den auf Kleidern abgelagerten Staub wieder zu entfernen. Erst wenn kräftige mechanische Erschütte-

rungen hinzukommen, führen starke Luftströme die Keime von den Flächen fort, auf welchen sie haften.

Eine Desinfektion von Wohnräumen, Kleidern oder sonstigen Utensilien durch Lüftung ist daher durchaus unzuverlässig; selbst die Befreiung der Luft eines inficirten Zimmers von Keimen ist in solchem Falle bedeutungslos, weil sehr bald wieder durch Hantirungen ein Theil der an den Flächen haftengebliebenen Keime in die Luft übergeht. — Wollte man schliesslich Kleider und Möbel dadurch keimfrei machen, dass man sie in einem Luftstrom klopft und bürstet, so würde damit allerdings eine wesentliche Verringerung der haftenden Keime erzielt werden, aber fast niemals eine völlige Beseitigung; ausserdem würde man die betreffenden Arbeiter der Infektion exponiren, und in einer städtischen Wohnung würde es nicht leicht sein, einen Ort zu finden, wo diese Procedur ohne Gefahr für die Umgebung ausgeführt werden könnte.

Die vielfach herrschende Ansicht, dass unsere jetzigen Ventilationsanlagen im Stande und dazu bestimmt seien, die Luft der Wohnräume von Infektionserregern frei zu halten, ist demnach nicht als richtig anzuerkennen. Vielmehr besteht die bis jetzt lösbare Aufgabe der Ventilation fast ausschliesslich in der Reinhaltung der Luft von gasigen Beimengungen und in der Beseitigung übermässiger Wärme, und auf diesen wichtigen Gebieten vermag sie Bedeutendes zu leisten.

Litteratur: Rietschel, Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Aufl., Berlin 1902. — Lüftung und Heizung von Schulen, 1886. — Recknagel, Sitzungsber. der Münch. Akad. d. Wiss. 1879. — Viert. f. öff. Ges. 1884. — Fanderlik, Schmidt, s. unter „Heizung". — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 3. Aufl. — Stern, Ueber den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, S. 44. — Flügge, ebenda, Bd. 24.

VI. Beleuchtung.

Die Beleuchtung des Wohnraums erfolgt entweder durch Tageslicht oder durch künstliche Beleuchtung.

A. Tageslicht.

Der Einfluss des Tageslichts auf das Wohlbefinden und die Stimmung des Menschen, sowie die Wirkung des Lichts gegenüber den Bakterien, welche dasselbe zu einem der kräftigsten Desinficienten macht, sind bereits oben (S. 128 u. 351) erörtert. Hier interessirt uns ausserdem noch

der im Freien nicht in Betracht kommende Fall, dass das **Sehorgan** durch eine zu geringe Lichtmenge beeinträchtigt wird. In den Wohnräumen werden daher in Folge von Lichtmangel verschiedene hygienische Interessen verletzt. Schädigungen des Sehorgans kommen besonders häufig zu Stande und erfordern im Folgenden vorzugsweise Berücksichtigung.

Vielfache Proben haben ergeben, dass für Lesen, Schreiben und zahlreiche andere Beschäftigungen eine Belichtung des Arbeitsplatzes mit direktem Himmelslicht nicht entbehrt werden kann. Eine solche ist aber in städtischen Wohngebäuden vielfach gar nicht oder in ganz ungenügender Weise vorhanden. Bei engen Strassen und hohen Häusern bekommen insbesondere die Parterreräume gar kein directes Himmelslicht, sondern nur das von den gegenüberliegenden Hauswandungen reflectirte Licht. Auch wenn der Forderung $b = h$ (s. S. 358) genügt ist, werden nur die nahe am Fenster befindlichen Plätze von directem Himmelslicht getroffen und der grösste Theil der Zimmers bleibt im Halbdunkel (vergl. Fig. 129). Die Grenze des belichteten und des unbelichteten Bezirks pflegt sich auf dem Fussboden resp. an den Wänden scharf zu markiren (*c* in Fig. 129). — Günstiger gestalten sich die Verhältnisse mit der grösseren Höhenlage der Etagen, am schlechtesten in Hof- und Kellerwohnungen.

Unter diesen Umständen ist eine genauere Prüfung von Arbeitsplätzen, die für Lesen, Schreiben u. s. w. bestimmt sind, auf die ihnen zugeführte Lichtmenge und eine Feststellung der hierfür unbedingt nöthigen Lichtmenge von grosser Bedeutung.

Die für diesen Zweck anwendbaren Untersuchungsmethoden lassen sich in zwei Kategorieen theilen: 1) in Methoden, welche ermitteln, in wie weit und in welchem Grade die Verhältnisse eines Platzes dessen Belichtung durch directes Himmelslicht gestatten. Dahin gehört die Förster'sche Methode und die Messung mit Weber's Raumwinkelmesser. 2) in solche Methoden, durch welche die momentan auf einem Platze vorhandene Helligkeit gemessen wird; hierfür kommen in Betracht Weber's Photometer, Cohn's Lichtprüfer und die Wingen'sche Methode.

1) Die Foerster'sche Bestimmung des Oeffnungs- und Einfallswinkels. Die Tageslichtstärke auf einem bestimmten Platze ist offenbar abhängig 1) von der Grösse des Stücks freien Himmelsgewölbes, vom welchem aus Strahlen auf den Platz fallen. Die Ausdehnung dieses Stücks lässt sich bemessen nach dem Oeffnungswinkel, d. h. dem Winkel, der begrenzt wird einmal durch einen unteren, von dem Platz nach der Oberkante des gegenüberliegenden Hauses gezogenen Randstrahl und zweitens durch einen oberen, von dem Platze nach der oberen

Fensterkante gezogenen und über diese verlängerten Randstrahl. In Fig. 129 ist für den in der Mitte des Zimmers gelegenen Platz *e* der Winkel *feg* der Oeffnungswinkel. Im Parterre fehlt für diesen Platz der Oeffnungswinkel ganz; im ersten Stock ist er sehr spitz; in den höheren Stockwerken wird er erheblich grösser.

Für die Lichtstärke ist ferner maassgebend der Einfallswinkel des Lichts, d. h. der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die zu belichtende Fläche auffallen. Je grösser die Entfernung des belichteten Platzes vom Fenster ist, um so schräger fallen die Strahlen auf, auf eine um so grössere Fläche vertheilt ein Strahlenbündel sein Licht, und

Fig. 129. Tageslichtmessung nach FOERSTER.

um so geringer ist die Helligkeit. Die Abnahme der Helligkeit ist sogar eine sehr rasche; sie erfolgt im Quadrat der Entfernung, so dass in 4 m Entfernung 16fach weniger Licht vorhanden ist als in 1 m Entfernung. — In Bezug auf den Einfallswinkel sind offenbar die Parterreräume weit günstiger gelegen, als die oberen Etagen. Ferner ist ersichtlich, dass der obere Theil der Fenster der weitaus wichtigste für die Beleuchtung ist und dass man zweckmässig mit der Oberkante der Fenster so nahe wie möglich an die Decke des Zimmers geht. — Der Einfallswinkel ist natürlich für die verschiedenen ein und denselben Platz *e* belichtenden Strahlen nicht der gleiche; und man wird, um zu einem bestimmten Maass zu gelangen, den mittleren Einfallswinkel bestimmen müssen; d. h. den Winkel, der von der Halbirungslinie des Oeffnungswinkels und der horizontalen Tischfläche (bezw. der Vertikalen) begrenzt wird.

Durch den Oeffnungs- und mittleren Einfallswinkel ist die Lichtmenge eines Platzes annähernd bestimmt. Es ist daher zulässig, eine Norm für genügend belichtete Plätze, d. h. solche, auf denen Sehproben in der vorgeschrieben Entfernung rasch und fehlerfrei ohne Anstrengung des Auges gelesen werden können, durch die Minimalgrösse beider Winkel festzulegen. Nach vorläufigen Untersuchungen scheint für den Oeffnungswinkel die Grösse von 5°, für den Einfallswinkel eine solche von 28° das zulässige Minimum zu repräsentiren.

Von besonderer Bedeutung ist die FÖRSTER'sche Bestimmung der Lichtmenge dadurch, dass sie sich auf die verschiedenen Plätze eines noch nicht gebauten Hauses (Schulhauses) auf Grund einer genauen Profilskizze anwenden lässt, so dass schon vor dem Bau ein etwaiges Deficit erkannt und durch geeignete Mittel ausgeglichen werden kann. Wie eine Besserung der Lichtverhältnisse für einen ungenügend belichteten Platz erzielt werden kann, das ergiebt sich unmittelbar aus der Figur 129. Die einflussreichste Besserung liegt offenbar in einem Hinaufrücken der oberen Fensterkante; dadurch wird Oeffnungs- und Einfallswinkel gebessert; Erweiterung des Fensters nach unten verschlechtert dagegen den Einfallswinkel. Ferner schaltet eine Verringerung der Zimmertiefe und eine Verkürzung der Bänke die schlechten Plätze aus.

Die Bestimmung der Winkel erfolgt entweder durch genaue Winkelmesser; oder trigonometrisch, indem man zuerst die Linie CB und die Linie AB (Fig. 130) auf der Skizze misst, und die Zahl für CB durch die für AB gefundene dividirt; für den so erhaltenen Werth von Tang. CAB sucht man die Grösse des Winkels CAB auf. In derselben Weise ermittelt man den Winkel DAB. Die Differenz beider Winkel ist = dem Oeffnungswinkel; die Hälfte dieses plus Winkel DAB ist der mittlere Einfallswinkel.

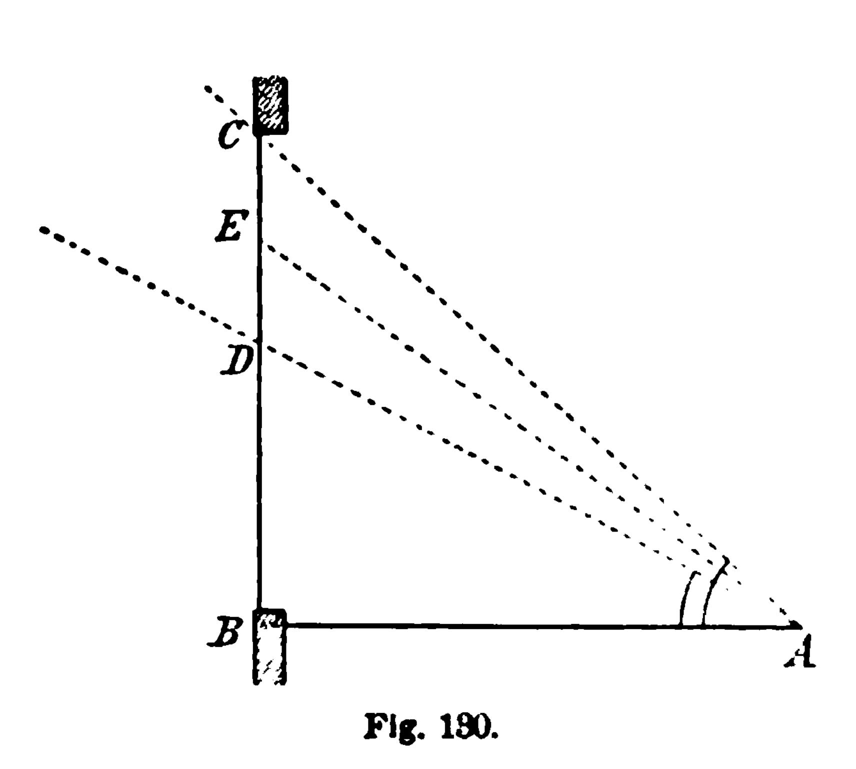


Fig. 130.

Im fertigen Wohnhaus lassen sich die beiden Winkel mittelst eines kleinen Spiegelapparats bestimmen. Rechts und links von einem Stativ ist je ein kleiner, um eine horizontale Achse drehbarer Metallspiegel angebracht; die Richtung der Achse ist auf den Spiegeln durch einen Strich markirt. An dem zu untersuchenden Platze stellt man mit Hülfe eines Visirs den einen Spiegel so, dass die obere Fensterkante, den anderen so, dass die Horizontlinien mit der markirten Achse zusammenfallen. An den Spiegeln befinden sich Zeiger, deren Stand auf einem Gradbogen abzulesen ist. Sind beide Spiegel eingestellt, so ist die Differenz zwischen beiden Zeigern gleich dem halben Oeffnungs-

winkel; und der mittlere Einfallswinkel ist gleich der Differenz zwischen den Graden, die von dem einen Zeiger bis 0° und von dem anderen bis 90° abgelesen werden. Um auch den Einfluss der Breite des Fensters mit zu berücksichtigen, ist diese zu messen und mit den gefundenen Winkelgrössen in eine gemeinsame Formel aufzunehmen. (GOTSCHLICH).

2) Die Messung des sichtbaren Theils des Himmelsgewölbes mit dem Raumwinkelmesser (L. WEBER). Die Grösse des sichtbaren Himmels ist durch den Oeffnungswinkel dann unsicher zu bestimmen, wenn der Horizont durch Bäume, Dachvorsprünge u. dgl. sehr unregelmässig begrenzt wird. Man misst in solchem Falle besser die gesammte von dem zu untersuchenden Platze des fertigen Gebäudes aus sichtbare Fläche des Himmelsgewölbes.

Denkt man sich das Himmelsgewölbe in gleiche Quadrate getheilt und sieht man dann durch eine begrenzte Oeffnung nach dem Himmel, so erhält man einen Kegel oder eine Pyramide, deren Spitze im Auge liegt, deren Seiten durch die vom Auge nach den Rändern der Oeffnung und darüber hinaus ver-

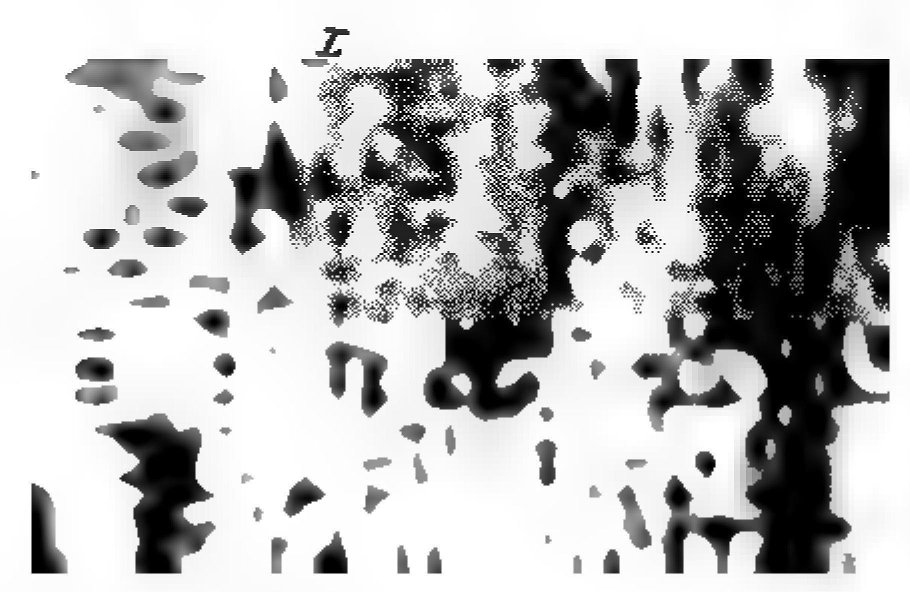


Fig. 131. WEBER's Raumwinkelmesser.

längerten Linien gebildet werden und deren Basis ein bestimmter Theil der quadrirten Himmelsfläche ist, messbar durch die Zahl der Quadrate. Tritt man weiter von der Oeffnung zurück, so wird die Pyramide spitzer und die Zahl der Quadrate kleiner. Diesen von den Seiten der Pyramide eingeschlossenen, durch die Zahl der Quadrate messbaren Winkel bezeichnet man als Raumwinkel.

Die Messung desselben geschieht in einfacher Weise durch ein fein quadrirtes Papier, vor welchem eine Linse verschiebbar angebracht ist (WEBER's Raumwinkelmesser). Die Linse wird auf dem zu untersuchenden Platz in die richtige Brennweite vom Papier gestellt, und man erhält alsdann auf diesem die leuchtende Himmelsfläche in verkleinertem Bilde. Je ausgedehnter dieselbe ist, um so grösser wird das Bild; je mehr Quadrate die betreffende Himmelsfläche umfasst, um so mehr von den kleinen Quadraten der Papierfläche werden beleuchtet. Die Zahl der hellen kleinen Quadrate giebt also den Raumwinkel für den betreffenden Platz.

Um ausserdem den Einfallswinkel der Strahlen zu berücksichtigen, ist die Papierplatte drehbar eingerichtet und man neigt dieselbe so lange, bis das helle Bild des Himmelsgewölbes gleichmässig um den Mittelpunkt vertheilt ist. Dann liest man an einem seitlich angebrachten Gradmesser den nunmehr eingestellten mittleren Neigungswinkel ab. Mit dem Sinus dieses Winkels (α) ist bei vergleichenden Messungen die Zahl der Quadratgrade zu multipliciren.

Durch eine Reihe von Bestimmungen ist ermittelt, dass die für Lesen und Schreiben erforderliche Helligkeit eines Platzes ungenügend wird, wenn der abgelesene Raumwinkel (w) bei senkrecht auffallenden Strahlen weniger als 50 Quadratgrade, bei anderem Einfallswinkel $\frac{50}{\sin \cdot \alpha}$ umfasst $\left(w \cdot \sin \alpha = 50;\ w = \frac{50}{\sin \cdot \alpha}\right)$.

3) Die Messung der auf dem Arbeitsplatz zur Zeit vorhandenen Helligkeit (inclusive des unter Umständen nicht unbeträchtlichen von Wänden u. s. w. reflectirten Lichts) erfolgt am genausten durch Weber's Photometer, das vor anderen Photometern den wesentlichen Vorzug besitzt, dass es für jede Art der Beleuchtung und speciell auch bei Tageslicht verwendbar ist.

Den Ausgangspunkt dieses Photometers bildet eine bestimmte Helligkeits-Einheit. Als solche bezeichnet man diejenige Helligkeit, welche durch eine Normalkerze auf einer 1 Meter entfernten weissen Fläche herorgerufen wird = 1 Meterkerze (M.-K.). Unter Normalkerze versteht man eine Stearin- oder Paraffinkerze von 22 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe. Neuerdings wird dieselbe ersetzt durch eine Benzin- oder Amylacetatflamme von 22 mm Höhe.

Eine derartige Normalflamme brennt in dem einen Arm des Weber'schen Photometers (Fig. 132). Die Flamme wirft ihr Licht auf eine Milchglasplatte f und diese erlangt auf der abgewandten Seite einen bestimmten Grad von Helligkeit, der zum Vergleich benutzt wird.

Die Milchglasplatte ist gegen die Flamme durch eine Schraube v verschiebbar und die Entfernung beider = r kann an einer aussen befindlichen Skala abgelesen werden. Bei gleichbleibender Flamme hängt die Helligkeit der Milchglasplatte von der Distanz zwischen Platte und Flamme ab. In einer gewissen Entfernung beträgt dieselbe 1 M.-K., bei geringerer Entfernung mehr, bei grösserer weniger und zwar im Quadrat der Entfernung ansteigend resp. abnehmend.

Mit dieser beliebig abstufbaren bekannten Helligkeit vergleicht man nun die zu untersuchende Fläche, also z. B. ein Blatt Schreibpapier, das auf den Tisch gelegt ist. Auf dieses richtet man das andere Rohr des Photometers und sieht in letzteres hinein. Durch Anbringung eines Lummer'schen Prismas (Fig. 133) fällt in den mittleren Theil des Gesichtsfeldes das Licht nur von der beobachteten weissen Fläche, in den peripheren Theil nur von der leuchtenden Milchglasplatte, so dass zwei concentrische Kreise entstehen (Fig. 134), die sehr scharf verglichen werden können. Man muss dann die Milchglasplatte so weit verschieben, bis völlig gleiche Helligkeit im ganzen Gesichtsfeld hergestellt ist. — Die Helligkeitsvergleichung gelingt allerdings nur bei

gleicher Farbe des Lichts; und da Tageslicht und Benzinlicht von sehr verschiedener Farbe sind, muss die Vergleichung unter Einschaltung eines farbigen (z. B. rothen bezw. grünen) Glases vorgenommen werden. Die für eine Quote des Tageslichts gefundene Helligkeit muss dann mit einem experimentell ermittelten Faktor multiplicirt werden, um der Helligkeit des gesammten Tageslichts zu entsprechen.

Durch zahlreiche Untersuchungen mit diesem Photometer ist festgestellt, dass als unterste Grenze für einen zum Lesen und Schreiben bestimmten Platz eine Helligkeit von etwa 10 Meterkerzen, gemessen in der rothen Quote des Tageslichts, d. h. von etwa 25 Meterkerzen im weissen Tageslicht, verlangt werden muss[1].

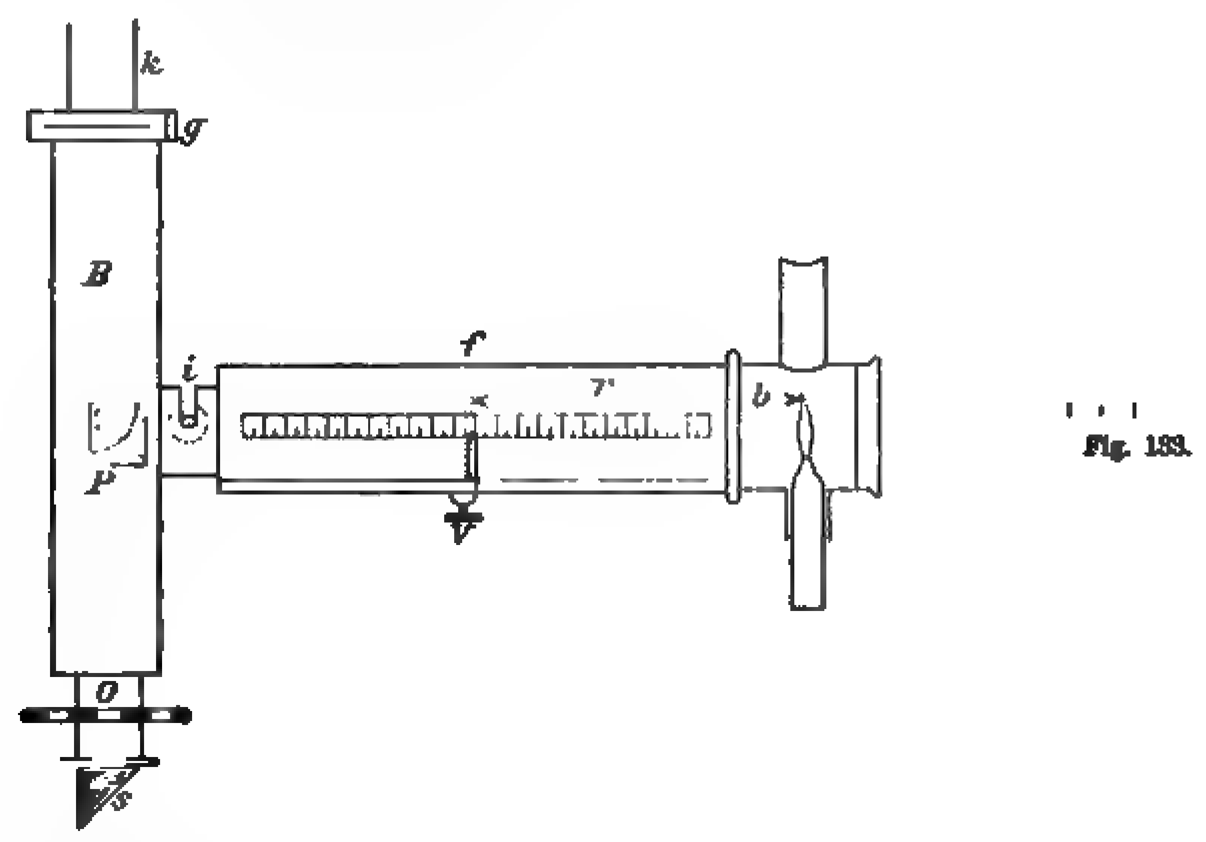


Fig. 133.

Fig. 132.

Fig. 134.

4) Cohn's Lichtprüfer. Cohn nennt seine Methode die „okulistische" Lichtprüfung. Er bestimmt, wieviel Ziffern einer beigegebenen Tafel in 40 cm Entfernung von einem gesunden Auge an einem Platze in 30 Sekunden gelesen werden, je nachdem ein, zwei oder drei graue Gläser, deren Lichtabsorption bestimmt ist, vor das Auge gebracht werden.

Liest man durch alle drei Gläser, welche ca. 99 % Tageslicht absorbiren, noch ebensoviel Ziffern in 30 Sekunden ab, als ohne die Gläser, dann kann der Platz als „vorzüglich" beleuchtet bezeichnet werden. Ist dies nur durch zwei graue Gläser möglich, die 95 % Licht absorbiren, so ist der Platz „gut". Gelingt das fliessende Lesen nur mit einem grauen Glase, welches 80 % Licht absorbirt, so ist der Platz noch „brauchbar". Gelingt auch dies nicht, so ist

[1] Ein neuer „Helligkeitsprüfer" von Wingen gestattet, mit einem einfacheren und billigeren Apparat wenigstens in den Grenzen von 10—50 M.-K. die Helligkeit nach ähnlichem Princip zu bestimmen.

er „unbrauchbar". Für künstliches Licht gilt Folgendes: Liest jemand mit normaler Sehschärfe in 40 cm Entfernung und in 30 Sekunden ebensoviel Ziffern bei künstlichem Licht, als in derselben Zeit am hellen Fenster, so ist der Platz von künstlichem Licht genügend beleuchtet; ist dies nicht der Fall, so ist der Platz zur Arbeit unbrauchbar. — Fehlerquellen der Methode liegen darin, dass die Schnelligkeit im Lesen individuell verschieden ist, ferner in dem Einfluss der Ermüdung.

5) Die WINGEN'sche Methode. WINGEN nennt seine Methode die „photochemische" Lichtprüfung. Er benutzt zur Feststellung der Beleuchtungsintensität eines Platzes die Schwärzung photographischen Papiers durch Licht. Zu diesem Zweck legt er an den verschiedenen Plätzen eines Zimmers kleine Stückchen lichtempfindlichen Papiers (sog. Aristopapiers) aus: Nach Verlauf einer Stunde werden dieselben eingesammelt, um dann wie alle photographischen Positivbilder nachbehandelt zu werden (Fixierung, Tonung u. s. w.). Bei guter Beleuchtung (entsprechend 50 Meterkerzen in Roth) soll eine gewisse Dunkelfärbung des Papiers eintreten, so dass ein nicht genügend dunkel gefärbtes Papier ein Zeichen für unzureichende Beleuchtung des betreffenden Platzes wäre. — Alle Papiere, die im Laufe einer Stunde dunkler geworden sind, als die den 50 Meterkerzen entsprechende Probe, zeigen gute Plätze, alle, welche blasser geblieben sind, zeigen schlechte Plätze an. — Nachprüfungen haben ergeben, dass die Methode verschiedene Fehlerquellen enthält. Das Papier ist kaum genügend empfindlich selbst bei dem an sich viel zu hohen Grenzwerth von 50 Meterkerzen in Roth, = 125 Meterkerzen Tageslicht.

Beide Kategorieen von Methoden zur Beurtheilung der Belichtung eines Platzes haben ihre Vortheile und Nachtheile. — Die FOERSTER'sche Methode und die Prüfung mit dem Raumwinkelmesser sind insofern den anderen überlegen, als sie unabhängig von der zufällig vorhandenen Helligkeit des Himmels die konstanten Belichtungsverhältnisse des Platzes untersuchen und durch eine einmalige Prüfung zu einer Entscheidung gelangen. Hier ist nur der Einwand zu erheben, dass die Helligkeit eines Platzes nicht lediglich von der Grösse des sichtbaren Stücks Himmelsgewölbe abhängt. Zunächst ist die Helligkeit nicht in jedem Theil des Himmelsgewölbes die gleiche; nur an stark und gleichmässig bewölkten Tagen trifft dies zu, im Uebrigen sind z. B. zwischen der nördlichen und südlichen Hälfte gewisse Differenzen vorhanden, die noch genauer zu bestimmen sind, sich aber gelegentlich wohl auf 100 Procent steigern können. Zweitens trägt auch das durch die ganze Fensterfläche in den Raum einfallende und von der Gesammtgrösse des Fensters wesentlich abhängige Licht zur Erhellung bei. Bei hellen gegenüberliegenden Häusern kann diese Lichtmenge beträcht-

lich sein, und wenn die Wände des Raumes hell gestrichen sind, kann ein grosser Theil dieses Lichts reflectirt werden und zur Erhellung eines Arbeitsplatzes dienen. So hat man bei Plätzen, die gar kein directes Himmelslicht bekamen, bis 25 Meterkerzen Helligkeit beobachtet. Indessen ist das reflektirte Licht immer als ein Nothbehelf zu betrachten, das an dunkelen Tagen und Tagesstunden so gut wie ganz versagt.

Die Methoden der zweiten Kategorie leiden unter dem sehr viel schwereren Fehler, dass sie nur für die Beobachtungsstunde die Helligkeit angeben, dass aber diese Helligkeit je nach dem Bewölkungszustand, der Luftbeschaffenheit, dem Stande der Sonne u. s. w. enorm stark schwankt; an ein- und demselben Platze um das 40—60fache. Um die Brauchbarkeit eines Platzes festzustellen, müsste man mit diesen Methoden gerade an dem trübsten Tag und zur trübsten Stunde messen; man wird aber nie sicher sein können, dass nicht während der Prüfung diese Verhältnisse sich total geändert haben. Erst oft wiederholte Prüfungen können hier das Resultat einigermaassen sichern. — Bei den direkten Helligkeitsbestimmungen kommt ferner in Betracht, dass das jeweilige, sehr starken Schwankungen unterworfene, reflectirte Licht mit gemessen und oft überschätzt wird.

Hält man daran fest, dass nur eine gewisse Menge directes Himmelslicht unter allen Umständen und auch an trüben Tagen einem Platze die nöthige Helligkeit garantirt, so wird meistens die Verwendung der Foerster'schen Methode und des Raumwinkelmessers die für die Praxis brauchbareren Resultate ergeben.

Ueber die sonstige Anordnung der Fenster, über Vorhänge sowie über die Folgen mangelhafter Beleuchtung s. im Kap. „Schulen".

B. Künstliche Beleuchtung.

Zur künstlichen Beleuchtung sind — einstweilen abgesehen von der elektrischen Beleuchtung — nur Körper geeignet, welche angezündet weiter brennen; welche zweitens gasförmig sind oder in Gasform übergehen, so dass eine Flamme entstehen kann; und in deren Flamme drittens feste Körper oder dichte Dämpfe ausgeschieden und glühend gemacht werden. Nur auf diesen glühenden Theilchen beruht die Leuchtkraft einer Flamme.

Die Leuchtgase, die entweder präformirt sind oder aus dem Leuchtmaterial, z. B. Oelen, Stearin, Paraffin, unter der Einwirkung der Hitze entstehen, sind wesentlich Kohlenwasserstoffe verschiedenster Art, Aethylen, Acetylen u. a. m.

Die sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe scheiden leicht Kohlenstoff ab; derselbe ist aber nicht der wesentlich leuchtende Be-

standtheil der Flamme, sondern es kommen hierfür hauptsächlich dichte Dämpfe höherer Kohlenwasserstoffe in Betracht.

Werden einer Flamme mehr Kohlenwasserstoffe zugeführt als in der äussersten Zone verbrennen können, oder wird die Luftzufuhr und die Verbrennung beschränkt, so entweichen Kohlenwasserstoffe und es entsteht Russen der Flamme. So beobachtet man Russen, wenn bei Bewegungen der Flammen (durch Wind u. s. w.) zeitweise zu viel Material erhitzt wird, oder wenn dasselbe zu leicht schmilzt und in zu grosser Masse dem Docht zugeführt wird. Russende Flammen entstehen auch trotz ruhigen Brennnens bei solchem Material, welches auf 6 Theile Kohlenstoff weniger wie 1 Theil Wasserstoff enthält. Kohlenstoffreichere Oele kann man erst dadurch mit nicht russender Flamme verbrennen, dass man Glascylinder aufsetzt und eine verstärkte Luftzufuhr herstellt. — Bei zu starker Luftzufuhr hört das Leuchten der Flamme völlig auf.

Benutzt werden:

1) Talglichter. Das Material wird sehr leicht flüssig. Die Dochtlänge wechselt sehr, die Flamme ist daher in steter zuckender Bewegung und fast immer russend; in Folge der unvollkommenen Verbrennung werden Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxydgas, Fettsäuren und Acroleïn der Zimmerluft beigemengt.

2) Stearinlichter, aus reiner Stearinsäure hergestellt. Die Dochte sind mit Borsäure oder Phosphorsäure getränkt; dadurch entsteht eine Krümmung des beschwerten Endes des Dochts, welches dann im Schleier der Flamme völlig verbrennt und als Asche abfällt. Die Verbrennung ist hier viel vollständiger, das Russen seltener.

3) Paraffinkerzen, aus Destillationsprodukten der Braunkohle und des Torfs gewonnen. Das Paraffin schmilzt leichter als das Stearin; daher müssen dünnere Dochte gewählt werden.

4) Fette Oele, die unter Druck in den Docht eingetrieben werden. Zur vollständigen Verbrennung bedürfen sie grosser Luftzufuhr, also des Aufsetzens von Cylindern. Sie werden kaum mehr zu Beleuchtungszwecken gebraucht und sind fast völlig durch die folgenden Materialien verdrängt.

5) Petroleum kommt in gewissen Erdschichten, in welchen es durch Zersetzung von Pflanzen- und Thierresten entstanden ist, in grossen Massen vor; namentlich in Nordamerika, am Kaspischen Meere u. s. w.

Das rohe Petroleum wird durch Destillation gereinigt, weil nur einige unter den zahlreichen Kohlenwasserstoffen des Petroleums zur Beleuchtung geeignet sind. Die geeignetsten Oele destilliren bei 150—250°. Sie haben das specifische Gewicht 0·8 und kommen unter dem Namen „raffinirtes Petroleum“ in den Handel. Vielfach werden sie nochmals gereinigt und namentlich von den gefährlichen, niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen Naphta und Gasolin mög-

lichst vollständig befreit. Die letzteren verdampfen schon bei gewöhnlicher Temperatur und ihre Dämpfe bilden mit Luft explosive Gemenge.

Gut gereinigtes Petroleum soll selbst an heissen Orten und auch in dem beim Brennen stets etwas erwärmten Behälter der Lampe nicht in solchem Maasse verdampfen, dass explosive Gasgemenge entstehen können.

Bei der Verbrennung des Petroleums ist gute Luftzufuhr nöthig; daher müssen eingeschnürte Cylinder verwandt werden, die eine innige Berührung der Luft mit der Flamme bewirken. Häufig richtet man jetzt auch im Innern der Flamme eine Luftzufuhr her, so dass die schmale Flamme von beiden Seiten eine ausgedehnte Berührung mit Luft erfährt.

6) Leuchtgas. Aus allen möglichen organischen Stoffen herstellbar, welche Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten und beim Erhitzen unter Luftabschluss Kohlenwasserstoffe liefern; am besten geeignet sind bestimmte Sorten Steinkohle. In jedem Falle ist das entstehende Gemenge von Kohlenwasserstoffen von vielen der Beleuchtung hinderlichen Destillationsprodukten zu reinigen.

Das Rohmaterial wird in eisernen oder gemauerten Retorten geglüht; die Dämpfe gelangen zunächst in eine Vorlage, wo die schwerflüchtigen Bestandtheile, Theer und Wasser, schon grösstentheils zurückbleiben; dann in einen weiteren Kühlapparat, in welchem sich wiederum Theerprodukte abscheiden. Das Condenswasser enthält Ammoniumcarbonat, Ammoniumsulfid, Ammoniumchlorid und Ammoniumcyanid; der condensirte Theer enthält flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, feste wie Naphtalin, Paraffin, Hydroxylderivate wie Carbol, Kreosol, Kreosot; ferner Anilin, Pyridinbasen u. s. w.

Die in den Kühlapparaten nicht verdichteten Gase bilden das unreine Leuchtgas, welches folgende nothwendige Gase enthält: Aethylen, Acetylen, Dämpfe von Benzol und Naphtalin als leuchtende Bestandtheile; Methan, Kohlenoxydgas und Wasserstoff als nicht leuchtende, aber brennbare und verdünnende Bestandtheile. Ausserdem sind als störende resp. giftige Verunreinigungen zu nennen: Stickstoff, Kohlensäure, Ammoniak, Cyan und verschiedene Schwefelverbindungen, z. B. Cyansulfid, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff.

Um die Verunreinigungen zu beseitigen, kommt das Gas in den sogenannten Scrubber, wo es auf einer grossen mit Cokes und Steinkohlenstücken hergestellten Oberfläche mit Wasser gewaschen wird. Ferner werden durch Aetzkalk oder durch Laming'sche Masse (gelöschter Kalk, Eisenvitriol, Sägespäne, an der Luft in Eisenoxydhydrat, Calciumhydrat und Calciumsulfat verwandelt) namentlich die Schwefelbestandtheile resp. das Ammoniumcarbonat fortgenommen.

Schliesslich bleibt ein Gemenge übrig, das etwa 5 Procent schwere Kohlenwasserstoffe enthält, die für die Beleuchtung am wichtigsten sind; ferner 30 Procent Methan und 50 Procent Wasserstoff, die z. B. für die Beheizung mit Leuchtgas wesentlich in Betracht kommen; ferner 5—15 Procent Kohlenoxydgas. Der charakteristische Geruch des Leuchtgases rührt von kleinen Mengen Schwefelkohlenstoff und Naphtalin her. — Methan und Wasserstoff sind explosiv, wenn sie im bestimmten

Verhältniss mit Luft gemengt sind. Die Explosion erfolgt, wenn ein Volumen Leuchtgas mit dem 4—20fachen Volumen Luft gemischt wird; ist weniger oder mehr Luft vorhanden, so findet keine Explosion statt.

Auch bei der Gasbeleuchtung kommt alles auf die richtige Menge der den Flammen zugeführten Luft an. Bei zu viel Luft findet volle Verbrennung statt und die Flamme leuchtet gar nicht, bei zu wenig Luft entstehen russende Flammen. Im Gebrauch sind entweder Schnittbrenner, welche breite, dünne Flammen von der Form einer Fledermaus geben; oder Zweilochbrenner, bei welchen zwei gegeneinander geneigte feine Oeffnungen einen abgeplatteten Strahl erzeugen, so dass wiederum eine flache Flamme von der Gestalt eines Fischschwanzes entsteht; oder cylindrische Brenner mit schmalem Schlitz oder einer Reihe kleinen Oeffnungen versehen, und mit Luftzufuhr von innen und von aussen zu beiden Seiten des Flammencylinders (Argandbrenner). Ein Fischschwanzbrenner verbraucht pro Stunde circa 108 Liter Gas, ein Schnittbrenner 120—150 Liter, ein Argandbrenner 150—220 Liter.

Besonders reines, namentlich von Ammoniak, Schwefel und Kohlenoxydgas freies Gas wird durch Destillation von Petroleum, Naphta und Paraffinölen gewonnen (Paraffinölgas der Eisenbahnwagen). — Vielfach sucht man durch Einleiten von Dämpfen von Ligroïn, Benzin, Naphtalin in das Leuchtgas diesem stärkere Leuchtkraft zu verleihen. — Ferner wird neuerdings auch Wassergas (vgl. S. 383) dadurch zum Leuchten nutzbar gemacht, dass kammförmig angeordnete Nadeln von Magnesia darin zum Glühen gebracht werden (Fahnehjelm's Glühlicht). Man mengt dem kohlenoxydhaltigen, stark giftigen Wassergas riechende Bestandtheile absichtlich bei, um etwaige Ausströmungen bemerkbar zu machen.

7) Grosse Bedeutung hat in den letzten Jahren das Gasglühlicht erlangt. Bei demselben wird ein mit seltenen Erden getränktes Gewebe, der Glühstrumpf, in die Flamme des Leuchtgases oder anderer brennender Gase eingehängt und hier in's Glühen gebracht (Auer von Welsbach). Für das Tränken des Glühgewebes kommen die Nitrate von Thor und von Cer besonders in Betracht; ersteres wiegt der Menge nach erheblich vor (98 Procent), ist aber relativ indifferent und nur der Träger für das Ceroxyd, das nicht mehr als 1—2 Procent der Masse ausmacht, aber ganz wesentlich betheiligt ist, weil es in Folge specifischer Eigenschaften leicht in vollste Weissgluth von einer 2000° erheblich überschreitenden Temperatur übergeht. Die Leuchtkraft der Glühstrümpfe ist daher eine sehr bedeutende; sie leisten die gleiche Lichtstärke mit einem 50 Procent geringeren Gasverbrauch.

Die Glühstrümpfe sind auch in der Form des Spiritusglühlichts verwendbar. In den Lampen wird durch eine kleine Heizflamme, die zunächst anzuzünden ist, Vergasung des Spiritus erzielt; nach dem Anzünden muss man etwa drei Minuten warten, bis hinreichend Gas gebildet ist, und dann die den Glühstrumpf durchströmenden Gase

anzünden. Der denaturirte Spiritus brennt geruchlos, abgesehen von der Zeit zwischen Anzünden der Heizflamme und dem der Leuchtflamme.

8) Acetylengas. Das Acetylengas, das eine dem Leuchtgas weit überlegene Leuchtkraft besitzt, wird in grösserem Umfang zur Beleuchtung benutzt, seit das Carbid, CaC_2 durch Zusammenschmelzen von CaO und Kohle bei sehr hoher, im elektrischen Ofen zu erreichender Temperatur fabrikmässig hergestellt werden kann. Carbid giebt bei der Berührung mit Wasser Acetylen nach der Gleichung: $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. — Zur Gewinnung von Acetylen zur Beleuchtung wird z. B. Carbid durch eine Streuvorrichtung in Wasser eingebracht. Das Gas wird nur für kleine Anlagen unter geringem Druck verwendet; bei stärkerem Druck ist die Gefahr, dass das Gas (ohne Berührung mit Luft) explodirt, zu sehr gesteigert.

9) Elektrisches Licht. Entweder wird sogenanntes Bogenlicht durch einen aus glühenden Kohlenpartikelchen bestehenden Funkenstrom erzeugt, welcher zwischen zwei aus harter Retortenkohle bestehenden, etwa 4 mm von einander entfernten Elektroden übergeht. Solches Bogenlicht ist stark violett. Oder man benutzt Glühlicht; ein dünner Kohlenfaden wird durch den elektrischen Strom bis zur Rothgluth erhitzt, und um das Verbrennen der Kohle zu hindern, in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen. Es entsteht so ein mehr gelbröthliches Licht.

Eine schöne weisse Farbe hat das Bogenlicht nur dann, wenn in der Betriebsleitung keine zu hohe Spannung herrscht. Ist letzteres der Fall, so wird das Licht fahl. Ferner wird nur dann ein ruhiges Licht geliefert, wenn die Spannung in der Betriebsleitung sich constant hält, und wenn ebenso Spannung und Stromstärke durch gleichen Abstand der Kohlenspitzen, also gleich langen Lichtbogen, constant erhalten werden. Um Schaden durch die herabfallenden glimmenden Kohlenstückchen zu vermeiden und das Ausblasen durch Wind zu hindern, wird der untere Theil der Bogenlampe mit runden Glaskugeln umgeben, wobei allerdings 15—40 Procent Licht verloren gehen. — Das Glühlicht ist theurer, gestattet aber im Gegensatz zum Bogenlicht, bei welchem nur schwierig mehrere Lampen in demselben Stromkreis anzubringen sind, eine weitgehende Theilung und eine Anpassung an die Grösse des Raumes. Bei der Glühlichtlampe von Edison werden verkohlte und U-formig gebogene Bambusfasern benutzt; bei den Swan-Lampen Baumwollfasern. Gewöhnlich sind Lampen zu 8, 16 und 32 Normalkerzen Lichtstärke im Gebrauch. Die Brenndauer beträgt 1000 Brennstunden und mehr. Bei der Hälfte Stromverbrauch liefert die gleiche Helligkeit die neue Nernst-Lampe, bei welcher, ähnlich wie beim Gasglühlicht, unverbrennliche Substanzen (Stäbchen aus Magnesiumoxyd und Yttriumoxyd) zur Weissgluth erhitzt werden. — Damit die Stäbchen gute Leiter werden, müssen sie allerdings vorher erwärmt werden; dies geschieht durch eine das Stäbchen umgebende Platinspirale, welche durch den elektrischen Strom zunächst zur Rothgluth erhitzt wird.

Vergleichen wir vom hygienischen Standpunkt aus die verschiedenen Beleuchtungsarten, so haben wir zunächst folgende Anforderungen an eine normale künstliche Beleuchtung zu stellen: 1) Die Beleuchtung soll die oben näher präcisirte erforderliche Helligkeit liefern, und zwar gleichmässig ohne zu starke Intensitätsschwankungen (Zucken der Flamme). 2) Die Qualität des Lichtes soll dem Auge zusagen. 3) Die Lichtquellen sollen das Auge nicht durch zu starken Glanz schädigen. 4) Die strahlende Wärme der Lichtflamme soll die Bewohner nicht belästigen, und die Wärmeabgabe der Menschen im Wohnraum soll nicht in zu hohem Grade behindert werden. 5) Die Leuchtmaterialien sollen keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen in die Wohnungsluft übergehen lassen. 6) Die Beleuchtung soll keine Explosionsgefahr herbeiführen. 7) Sie soll möglichst billig sein.

1) Die Lichtstärke. Die Lichtintensität der Kerzen ist ausserordentlich unbedeutend und keiner Steigerung fähig. Sie liefern uns jedoch die Vergleichseinheit = Normalkerzen (vergl. S. 424). Oellampen lieferten früher, und zum Theil auch jetzt noch, in England und Frankreich, die Vergleichseinheit; eine Carcellampe ist = 9·8 Normalkerzen. Petroleumlampen sind an Lichtstärke den Oellampen weit überlegen, namentlich wenn gut raffinirtes Petroleum benutzt wird. Gewöhnliche Lampen geben eine Lichtstärke bis zu 50 oder 60 Normalkerzen. Besondere Constructionen (wie z. B. die von Schuster & Baer in Berlin) geben bis 110 Normalkerzen Lichtstärke. Bei letzteren Lampen geht ein Luftzufuhrrohr mitten durch den Oelbehälter und die dadurch vorgewärmte zutretende Luft wird durch einen sternartigen Einsatz passend vertheilt. Gasflammen liefern ein Licht von 10—30 Normalkerzen Stärke, grössere Argandbrenner, Gasglühlicht und Acetylenlicht bis 150 Normalkerzen. Elektrisches Glühlicht liefert 8—32 Normalkerzen; Bogenlicht bei einem Motor von einer Pferdekraft je nach der Grösse des dynamoelektrischen Apparates 400—1000 Normalkerzen.

Die Gasbeleuchtung lässt sich steigern durch die Zufuhr vorgewärmter Luft und durch Vorwärmung des Gases. Dies geschieht z. B. bei dem Siemens'schen Regenerativbrenner. Die Vorwärmung wird dadurch erzeugt, dass die Luft resp. das Gas in den durch die Flamme erwärmten Theilen der Lampe sich eine Strecke weit fortbewegen muss, um zur Flamme zu gelangen. Diese Lampen haben ausserdem gewöhnlich einen sogenannten invertirten Brenner, d. h. aus einem unten an der Lampe befindlichen Ringe strömt das Gas von oben nach unten aus, so dass ein Kranz von Flammen unter diesem Ringe entsteht. Die Lampen werfen daher keinen Schatten und sind

zur Oberlichtbeleuchtung vorzüglich geeignet (erwärmen aber die unter der Lampe gelegenen Plätze stark).

Für die ausnutzbare Lichtstärke sind die Lampenglocken sehr wesentlich. Dieselben sollen theils die horizontal in das Auge fallenden Strahlen abhalten, welche uns stark blenden und die Erkennung eines beleuchteten Gegenstandes erschweren, theils sollen dieselben das Licht auf den Arbeitsplatz reflectiren und concentriren. Die Lichtstärke auf dem Arbeitsplatz ist das eigentlich Wichtige für uns, und daher sollte vorzugsweise diese mit Hülfe des Weber'schen Photometers bestimmt werden. Legt man als Norm eine Helligkeit von 10 Meterkerzen zu Grunde, so wird eine solche von den gewöhnlichen Petroleumlampen bis zu 0·5 Meter seitlichen Abstand, von der Schuster & Baer'schen Lampe bis 0·75 m Abstand geleistet. — Gasflammen, welche 0·75 m über dem Tisch hängen, gewähren noch bei 0·5 m seitlicher Distanz mit Milchglasglocken von flacher Trichterform genügendes Licht. Eine Ausnahme machen nur lackirte Schirme und die sogenannten Pariser Lampenglocken, die auch unten mit einer Milchglasschale versehen sind.

Ausser auf die Lichtstärke ist noch auf die Gleichmässigkeit des Brennens Werth zu legen; zuckendes oder in der Lichtstärke erheblich schwankendes Licht wirkt äusserst belästigend und reizend auf's Auge (z. B. schlechte Bogenlichtanlagen). In dieser Beziehung ist das Auerlicht (Gasglühlicht, Spiritusglühlicht) den Beleuchtungsarten, die frei brennende Flammen benutzen, erheblich überlegen.

2) Lichtqualität. Im Tageslicht finden sich 50 Procent blaue, 18 Procent gelbe, 32 Procent rothe Strahlen; alle künstlichen Lichtquellen liefern mehr gelbe und rothe Strahlen, und das violette Spectrum ist schwach vertreten; doch ist dies Verhältniss bei den neueren kräftigeren Lichtquellen viel weniger verschoben. Beim elektrischen Bogenlicht ist ein übergrosser Bruchtheil violetter und ultravioletter Strahlen vorhanden. Unser Auge ist bei gewissen Helligkeitsgraden für den gelben Theil des Spectrums am empfindlichsten; andererseits sollen ultraviolette Strahlen die Netzhaut stark reizen. Bei intensiver Beleuchtung ist dem Auge ein Vorwiegen der rothen und gelben Strahlen jedenfalls angenehmer als das übermässig blauviolette Licht, z. B. des elektrischen Bogenlichts.

3) Unter Glanz einer Lichtquelle versteht man die von der Flächeneinheit (1 qmm) ausgehende Helligkeit. Vergleicht man kleine Schnittbrenner, Kerzen und Gasglühlicht, so verhält sich deren Glanz etwa wie 4 : 6 : 10. Elektrisches Glühlicht zeigt noch 7—10fach höheren

Glanz, noch weit mehr elektrisches Bogenlicht. — Stark glänzende Lichtquellen dürfen nicht direct das Auge treffen; sie blenden und reizen das Auge, setzen die Wahrnehmbarkeit anderer Gegenstände herab, können Thränen der Augen und Schmerzempfindung hervorrufen. Glänzende Lichtquellen im Bereich des Auges müssen daher mit dämpfenden Hüllen aus Milchglas und dergl. umgeben werden, die dann aber die Lichtstärke erheblich herabsetzen.

4) Wärmeproduction. Zunächst kommt die Wärmeausstrahlung der Lichtquellen gegenüber der in der Nähe befindlichen Gesichtshaut der Bewohner in Betracht. Gerade beim künstlichen Licht sind viel reichlicher Wärmestrahlen vorhanden (80—90 Procent) als beim Sonnenlicht (50 Procent). Die Intensität der Wärmestrahlung darf natürlich nur bei gleicher Lichtstärke verglichen werden. Am günstigsten stellt sich unter den gewöhnlichen Beleuchtungsmitteln das Gasglühlicht; dann folgt elektrisches Glühlicht. Gewöhnliche Gasbrenner geben 5mal, Kerzen 8mal und Petroleumlampen 10mal mehr strahlende Wärme als Gasglühlicht.

Abhülfe gegen die Wärmestrahlung ist nur bei den Lichtquellen erforderlich, die in dieser Beziehung sich ungünstig verhalten, namentlich bei Petroleumlampen. Hier sind die Flammen mit doppeltem Cylinder von Glas oder besser von Glas und Glimmer zu umgeben, so dass die zwischen beiden circulirende Luft zur Kühlung des äusseren Cylinders beiträgt.

Die Gesammtwärme, welche von den Lichtquellen geliefert wird, ist häufig so erheblich, dass die Entwärmung der Bewohner dadurch beeinträchtigt wird. In Betracht kommt dabei nicht nur die Temperatur, sondern auch die Wasserdampfmenge, die den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und damit die Wasserverdunstung von der Haut beeinflusst. Auch hier ist ein Vergleich verschiedener Lichtquellen nur zulässig bei gleicher Lichtstärke. Nach Rubner ergaben sich folgende Werthe:

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefern pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht . . .	57	Calorieen	und 0	Kilogr.	Wasser
Elektrisches Glühlicht . . .	200	„	„ 0	„	„
Gasglühlicht	1000	„	„ 0,1	„	„
Leuchtgas, Argandbrenner . .	4200	„	„ 0,7	„	„
Petroleum, grosser Rundbrenner	2070	„	„ 0,3	„	„
Petroleum, kleiner „	6200	„	„ 0,8	„	„
Stearinkerze	7880	„	„ 0,9	„	„

Kerzen verhalten sich also am ungünstigsten. Freilich erreicht man mit diesen thatsächlich nie bedeutende Wärmeeffekte, weil man es stets an dem entsprechenden Lichteffekt fehlen lässt. Gute Petroleumlampen zeigen sich günstiger als die übliche Gasbeleuchtung, weitaus am besten aber ist das elektrische Licht und das Gasglühlicht.

Allerdings kann gerade bei Gaslicht die producirte Wärme zweckmässig zur Ventilation des Raumes ausgenutzt und zum Theil fortgeführt werden, so dass keine stärkere Belästigung durch die Temperaturerhöhung eintritt (s. S. 413); bei elektrischem Licht muss dagegen ein besonderer Motor für die Ventilation beschafft werden, falls nicht andere Wärmequellen vorhanden sind.

5) Verunreinigung der Luft. Bei Gasbeleuchtungsanlagen kann schon ohne Benutzung derselben in Folge von Undichtigkeiten der Leitung die Luft in gefährlicher Weise mit Kohlenoxydgas verunreinigt werden. Undichtigkeiten der Leitung sind stets vorhanden. Hauptsächlich findet die Ausströmung von Leuchtgas im Boden statt, wo durch das allmähliche Einwirken von Feuchtigkeit, Schwefelammonium (Jauche), mechanische Erschütterungen u. s. w., leicht Defekte entstehen. Vom Boden kann das ausgeströmte Gas eventuell in die Wohnung gelangen, allerdings nur dann, wenn Undichtigkeiten in den Fundamenten des Hauses vorliegen (vergl. S. 368). Durch starke Heizung wird das Eindringen des Gases in die Wohnung begünstigt; in mehreren Fällen von Leuchtgasvergiftungen bewohnten die Erkrankten gerade die am stärksten beheizten Zimmer. — Auch innerhalb der Wohnung entweichen oft kleine Mengen Gas, die durch genaue Beobachtung der Gasuhr, in noch empfindlicherer Weise durch den Suckow'schen Regulator, entdeckt werden können. Stärkere Ausströmungen werden leicht durch den Geruch erkannt; selbst wenn das Gas nur zu 2 Procent der Luft beigemengt ist, ist der Geruch von jedem, auch wenig empfindlichen Menschen wahrzunehmen. Zuweilen können allerdings die riechenden Stoffe absorbirt und dadurch unmerklich werden. Ausserdem soll sich ausgeströmtes Gas an staubförmigen Körpern (Mehlstaub) condensiren und zu den sogenannten Staubexplosionen Anlass geben können. — Mit Rücksicht auf diese Ausströmungsgefahr sind in den Wohnzimmern immer nur möglichst kurze, in Schlafzimmern gar keine Gasleitungen anzulegen. Unbenutzte Leitungen sollten in Wohnungen nicht geduldet werden.

Alle Beleuchtungsmaterialien mit Ausnahme des elektrischen Glühlichts verunreinigen ferner die Luft durch die Verbrennungsprodukte, welche bei ihrer Verwendung zur Beleuchtung entstehen. Vor Allem werden Kohlensäure und Wasserdampf gebildet. Eine helle Petroleumlampe liefert die circa zwölffache Menge Kohlensäure wie ein Mensch,

dazu etwa die achtfache Menge von Wärme und Wasserdampf. Wie aus untenstehender Tabelle hervorgeht, verhält sich elektrisches Glühlicht und Gasglühlicht am günstigsten. Petroleum und Gas stehen sich ziemlich gleich. Kerzen sind wiederum am ungünstigsten. Allerdings ist auch bei dieser Vergleichung die Ventilation, die namentlich bei Gasbeleuchtung energischer zu sein pflegt, nicht unberücksichtigt zu lassen.

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefert Kohlensäure pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	Spur	
Elektrisches Glühlicht	0	
Gasglühlicht	0,12	Kilogr.
Leuchtgas, Argandbrenner	0,88	„
Petroleum, grosser Rundbrenner	0,62	„
Petroleum, kleiner „	1,88	„
Stearinkerze	2,44	„

Nicht selten kommen dazu noch Produkte der unvollständigen Verbrennung; kleine Mengen von Kohlenoxydgas lassen sich fast stets in künstlich erleuchteten Räumen nachweisen. Eine starke Steigerung tritt bei schlechtem, russendem Brennen der Flamme ein, wobei sich namentlich viel Kohlenoxydgas und Acroleïn entwickelt. Bei Gasbeleuchtung entsteht weit mehr schweflige Säure und Schwefelsäure als bei den übrigen Beleuchtungsmitteln; bei Gasbeleuchtung, besonders aber bei Kerzenbeleuchtung treten messbare Mengen von salpetriger Säure auf, gegen die manche Menschen besonders empfindlich zu sein scheinen.

6) Explosions- und Feuersgefahr. Bei Kerzen, Oelen, elektrischem Licht ist keinerlei Explosionsgefahr vorhanden. Bei Petroleum kann sie durch die Controle des „Entflammungspunkts“ vermieden werden, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher sich flammbare Gase entwickeln. Nach deutschem Gesetz soll dieser Punkt nicht unter 21° (in Oesterreich 30°) liegen, während die Anzündung und ein Verbrennen der Masse erst bei 43,3° eintreten soll. Diese Controle geschieht mittelst des Abel'schen Petroleumprüfers. — Nur bei schlechter Lampenconstruction, z. B. bei metallenen Behältern, die sich auf über 30° erhitzen, oder z. B. dann, wenn eine Hängelampe von einer darunter angebrachten Tischlampe erhitzt wird, kann es jetzt noch eventuell zur Explosion kommen; ferner beim Auslöschen, wenn im Gefäss sehr wenig flüssiges Petroleum mehr vorhanden, aber viel Dampf angesammelt ist. Seit eine regelmässige Petroleumprüfung eingeführt ist, geschehen Explosionen fast nur bei missbräuchlicher Anwendung desselben, z. B. beim Eingiessen in Feuer u. s. w.

Durch Leuchtgas entsteht Explosionsgefahr, sobald in Folge von Undichtigkeiten der Leitung, in Folge falscher Stellung der Hähne oder verlöschender Flammen Gas ausgeströmt ist und das Gemenge von Luft und Gas mit einer Flamme in Berührung kommt. Im Ganzen gewährt allerdings der charakteristische Geruch des Gases einigermaassen Schutz, da 2 Procent Beimengung bereits durch den Geruch sicher erkannt wird, aber erst ein Gehalt von über 4 Procent Leuchtgas explosiv ist. Zu beachten ist daher nur, dass Zimmer, in welchen über Nacht unbemerkt Gas ausströmen konnte, am Morgen nicht mit Licht betreten werden. Bei Gasgeruch sind sofort die Fenster zu öffnen, um eine unschädliche Verdünnung herzustellen. Wichtig ist es ferner, dass nicht mehrere Flammen in einem Zimmer über Nacht brennen bleiben, da alsdann die eine verlöschen, die andere aber zur Anzündung des explosiven Gasgemisches dienen könnte.

Uebrigens lassen sich an Gasbrennern Sicherheitsvorrichtungen anbringen, die z. B. aus einem mit dem Hahn verbundenen langen und schweren Hebelarm bestehen, welcher bei brennender Flamme auf einer Unterlage ruht, dem aber beim Erlöschen der Flamme und beim Erkalten des Metalls die Unterlage entzogen wird, so dass der Arm herabfällt und den Hahn schliesst.

7) Preis. Die Preisverhältnisse ergeben sich aus folgender Tabelle (nach F. Fischer), in welcher die Preise auf einheitlichen Consum und einheitliche Leuchtkraft bezogen sind. Wie ersichtlich, ist Kerzenlicht weitaus am theuersten. — Ueber den Preis der elektrischen Beleuchtung im Vergleich mit der Gasbeleuchtung wird noch vielfach debattirt

	Für die stündliche Erzeugung von 100 Normalkerzen sind erforderlich	
	Menge	Preis
Elektrisches Bogenlicht . . .	0·09 bis 0·25 Pferdekr.	6 bis 12 Pfennige
„ Glühlicht	0·46 „ 0·85 „	15 „ 30 „
Leuchtgas, Siemenslampe . . .	0·35 bis 0·56 cbm	6 „ 10 „
„ Argandbrenner . .	0·8 „ 2·0 „	14 „ 36 „
Petroleum, grösster Rundbrenner	0·2 kg	4 „
„ kleiner Flachbrenner	0·6 „	12 „
Rüböl, Carcellampe	0·43 „	41 „
Paraffinkerzen	0·77 „	139 „
Talgkerzen	1·0 „	160 „
Stearinkerzen	0·92 „	166 „
Wachskerzen	0·77 „	308 „

Im Ganzen erscheint vom hygienischen Standpunkt aus die elektrische Beleuchtung entschieden als die günstigste; und zwar

für die Wohnung Glühlicht, das mit matten Gläsern ausreichend abgeblendet ist; bedenklich ist nur vorläufig das leichte Eintreten von Betriebsstörungen, weshalb auf eine Reserve von Gas nicht verzichtet werden darf; demnächst Gasglühlicht. — Ueber die sog. „indirekte Beleuchtung“ s. in Kap. „Schulen“.

Litteratur: Wagner-Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, 13. Aufl., 1889, S. 92—164. — Foerster, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1884. — H. Cohn, Lehrb. der Hygiene des Auges. Wien 1892. — Derselbe, Ueber den Beleuchtungswerth der Lampenglocken, Wiesbaden. 1885. — Schmidt und Haensch (Optische Werkstätten Berlin S.), Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch von L. Weber's Photometer. — Weber, Beschreibung eines Raumwinkelmessers, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, October 1884. — H. Cohn, Ber. der Naturf. Vers. in München 1899. — Allg. med. Centralz., 1901, No. 39—43. — Wingen, Das Schulhaus, 3. Jahrgang, No. 1. — Rubner, Lehrb. d. Hyg., 6. Aufl., 1900. — Weber, Rosenboom und Kallmann, Beleuch- tung in Weyl's Handb. der Hygiene, 1895.

VII. Entfernung der Abfallstoffe.

Während bei nomadisirenden Völkern und bei einer zerstreut wohnenden, Ackerbau treibenden Bevölkerung die Abfallstoffe leicht zu beseitigen sind und wenig oder gar nicht belästigen, treten in den Städten, in welchen grössere Menschenmassen sich zusammendrängen und die Abfallstoffe sich stark anhäufen, vielfache Uebelstände hervor. Schon von Alters her sehen wir daher in den grossen Städten besondere Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe (Babylon, Rom). Je mehr und schneller in der Neuzeit die Städte anwachsen, um so allgemeiner wird das Bedürfniss nach solchen Maassregeln, und im Laufe der letzten Jahrzehnte ist die Frage der Städtereinigung vielfach in den Vordergrund der communalen Interessen getreten.

Obgleich somit bezüglich der Nothwendigkeit irgendwelcher besonderer Maassregeln völlige Einigkeit herrscht, gehen die Meinungen über die zweckmässigste Art und Weise der Entfernung der Abfallstoffe weit auseinander. Diese Divergenz der Ansichten ist um so begreiflicher, als sehr verschiedene Interessen und Gesichtspunkte bei der betreffenden Frage concurriren: theils das ästhetische Bedürfniss und das angeborene resp. anerzogene Ekelgefühl gegen die übelriechenden Abgänge; theils sanitäre Momente; theils die Kosten für die Fortschaffung; theils aber auch landwirthschaftliche und nationalökonomische Interessen. Die erstgenannten Gesichtspunkte führen zu einer möglichst

raschen Entfernung der Abfallstoffe auf irgend einem Wege, während dagegen die Landwirthe die Abfallstoffe vorzugsweise als werthvollen Dünger betrachten, der unter allen Umständen unseren Feldern zum Zweck der Erzielung neuer Ernten erhalten werden muss.

Die Forderung der Landwirthe darf indess für die Hygiene um so weniger maassgebend sein, als der Landwirthschaft in der Neuzeit bald diese, bald jene neuen reichen Quellen erschlossen werden, die in überraschender Weise einen Ersatz für die dem Boden entzogenen Nährstoffe bieten, so z. B. der Guano, ferner die letzthin bei der Reinigung des Eisens als Nebenprodukt gewonnene Thomasschlacke u. a. m. Vielmehr werden wir daran festhalten müssen, die sanitären Gesichtspunkte in erste Linie zu stellen; sodann haben wir dem ästhetischen Bedürfniss Rechnung zu tragen, drittens sind die Kosten zu berücksichtigen und es ist womöglich eine zu starke Belastung der Communen zu vermeiden; und erst in letzter Instanz wird zu erwägen sein, ob ohne Schädigung der vorgenannten Interessen der Landwirthschaft Concessionen gemacht werden können.

Wollen wir in diesem Sinne die Frage der Entfernung der Abfallstoffe erörtern, so haben wir uns zunächst über die Beschaffenheit der Abfallstoffe, ferner über die Art und Weise, wie dieselben Schädigungen der Gesundheit veranlassen können, zu orientiren, und sodann werden die verschiedenen Methoden zur Entfernung der Abfallstoffe zu beschreiben und darauf zu prüfen sein, ob und in wie weit sie den hygienischen Anforderungen entsprechen.

A. Die Beschaffenheit der Abfallstoffe.

Zu den Abfallstoffen rechnet man a) die menschlichen Excremente; b) die Excremente der Hausthiere; c) das Hauswasser, bestehend aus dem Abwasser der Küche, dem zur Reinigung des Hauses, der Wäsche und des Körpers verwendeten Wasser; d) Abwässer aus Schlachthäusern, Fabriken und industriellen Etablissements; e) den Hauskehricht, i. e. die festen Abgänge aus Küche und Haushalt, den Stubenkehricht, die Asche u. s. w.; f) das von Dächern, Strassen, Höfen sich sammelnde Regenwasser; g) den Strassenkehricht; h) die Thiercadaver.

Pro Mensch und Jahr sind ungefähr 34 kg Koth, 400 kg Harn, 110 kg feste Küchenabfälle und Kehricht, 36 000 kg Küchen- und Waschwasser in Ansatz zu bringen.

Alle diese Abfallstoffe enthalten:

1) Mineralische Stoffe, Kochsalz, Kaliumphosphat, Erdsalze. Die Fäces haben einen Gehalt von 3·5 Procent an Phosphaten, der

Harn 0·5 Procent. — Manche gewerbliche Abwässer führen mineralische Gifte, wie Blei, Arsen.

2) Organische, zum Theil stickstoffhaltige Substanzen. Speciell in den Fäces finden sich 2·2 Procent Stickstoff, im Harn 1·4 Procent N. Grosse Mengen organischer Stoffe führen auch die Küchenabwässer, ferner die Abwässer aus Schlachthäusern, Gerbereien, Stärke- und Zuckerfabriken, Wollwäschereien u. s. w.

3) Saprophytische Bakterien. Viele derselben finden in den organischen und anorganischen Stoffen der Abwässer ein ausgezeichnetes Nährmittel, vermehren sich massenhaft und bewirken lebhafte Zersetzung der organischen Stoffe, d. h. Gährung- und Fäulnissvorgänge. Besonders disponirt zu intensiver Fäulniss sind Mischungen von Harn und Fäces, die Küchenwässer und die an organischem Material reichen gewerblichen Abwässer. Die Produkte, die dabei auftreten, sind im Allgemeinen die Seite 44 aufgezählten; ihre Art und Menge wechselt je nach den vorherrschenden Bakterien und nach den für diese vorhandenen Lebens- und Ernährungsbedingungen.

Aus Mischungen von Harn und Fäces pflegt schon bei relativ niederer Temperatur nach zwei Monaten die Hälfte des Stickstoffs in Ammoniumcarbonat übergeführt und verflüchtigt zu sein. — Nur in trockenem Material, eingetrockneten Fäces u. s. w. finden keine Fäulnissvorgänge mehr statt.

4) Pathogene Bakterien. Eiterkokken, die Erreger des malignen Oedems und des Tetanus, sind in den Abfallstoffen äusserst verbreitet; gelegentlich kommen auch Tuberkelbacillen, Pneumonie-, Diphtherie-, Typhus-, Cholerabacillen, Ruhrkeime u. a. m. vor. Selten, und dann wohl nur an schwimmenden Partikelchen fester Substanz, tritt eine nachträgliche Vermehrung dieser Bakterien ein. Schon die Art der Nährstoffe und die relativ niedrige Temperatur pflegt ihrer Entwickelung nicht günstig zu sein; vor Allem aber wirken die ungeheuren Massen von stets vorhandenen Saprophyten theils durch Nährstoffentziehung, theils durch giftige Stoffwechselprodukte hemmend auf die Entwickelung der Krankheitserreger. Resistentere Arten (Milzbrand-, Tuberkel-, Typhusbacillen, Staphylokokken), können jedoch längere Zeit, Wochen und Monate, in den Abfallstoffen conservirt werden. Ferner sind auch weniger resistente Arten im Stande, sich länger zu halten oder gar zu vermehren, wenn sie in relativ grosser Einsaat unter Abfallstoffe gerathen. Auch in trockenen Massen werden die meisten Infektionserreger längere Zeit conservirt.

Vielfach kommt in den Abfallwässern eine ausserordentlich starke Verdünnung etwaiger Infektionsquellen zu Stande. Je hochgradiger

diese Verdünnung ist und je rascher sie erfolgt, um so unschädlicher werden die betreffenden Abwässer sein.

In welcher Kategorie von Abfallstoffen sind nun vorzugsweise **pathogene** Bakterien enthalten?

Irrthümlicher Weise nimmt man bisher vielfach an, dass die **menschlichen Excremente** in dieser Beziehung weit gefährlicher seien, als die übrigen Abfallstoffe.

In den Fäces finden sich eventuell Cholera-, Typhus-, Ruhrkeime und die Erreger anderer infektiöser Darmkrankheiten (Cholera nostras, Tuberkulose u. s. w.); im Harn kommen Eiterkokken, Milzbrandbacillen Typhusbacillen u. s. w. vor. Im Ganzen ist die Mannigfaltigkeit und meistens auch die Zahl der in den Excrementen abgeschiedenen Infektionserreger verhältnissmässig gering.

Die **Hauswässer** pflegen dieselben eben aufgezählten Bakterien zu enthalten, da der Inhalt gerade der von den Kranken benutzten Geschirre entweder ganz in die Ausgüsse für das Küchenwasser gelangt oder wenigstens theilweise bei der Reinigung der Geschirre. Daneben aber kommen in das Hauswasser beim Reinigen der Spucknäpfe, der Wäsche, der Krankenzimmer u. s. w. noch Tuberkel-, Pneumonie-, Diphtheriebacillen, Eiterkokken, die Erreger der Exantheme u. s. w. — kurz, ziemlich alles, was es von Infektionserregern giebt.

Ferner können die Abwässer aus Schlächtereien, sowie aus solchen Gewerbebetrieben, welche Lumpen, Felle, Haare oder thierische Abfälle verarbeiten, infektiöse Bakterien aufnehmen.

Eine nicht geringe Menge der letzteren gelangt auch in den **Stubenkehricht**; namentlich Tuberkelbacillen, Staphylokokken, die Erreger der akuten Exantheme, werden mit dem Staub der Krankenzimmer in den Kehricht gebracht. Viele dieser Keime werden allerdings durch das Austrocknen geschwächt; nur die widerstandsfähigsten unter ihnen können von diesem verstäubenden Material aus Infektionen veranlassen.

Die Regenwässer und der Strassenkehricht werden niemals auch nur annähernd so zahlreiche Infektionserreger enthalten, wie die vorgenannten Abfallflüssigkeiten. Nur dann werden dieselben unter Umständen Berücksichtigung erheischen, wenn von engen Höfen und Strassen aufgehäufte Massen von Abfallstoffen aus einer der vorgenannten Kategorieen abgekehrt oder abgeschwemmt werden.

B. Gesundheitsschädigungen durch die Abfallstoffe.

Die Gefahren der Abfallstoffe bestehen

1) darin, dass sie in Folge der in ihnen ablaufenden Fäulnissvorgänge gasförmige Verunreinigungen in die Luft liefern.

Vor Allem kommt es leicht zur Verunreinigung der Wohnungsluft. 1 cbm Abtrittsjauche vermag in 24 Stunden etwa 18 cbm Gase zu liefern; darunter 10 cbm flüchtige Fettsäuren und Kohlenwasserstoffe, 5—6 cbm Kohlensäure, 2—3 cbm Ammoniak, 20 Liter Schwefelwasserstoff. Bei unzweckmässigen Abort- und Canalanlagen findet namentlich in der Heizperiode ein lebhaftes Einströmen von Luft aus den Jauchegruben in's Wohnhaus statt; directe Bestimmungen ergaben in 24 Stunden eine Förderung von 200—1200 cbm Luft, die reichliche Mengen Jauchegas enthielt.

Im Freien wird die Luft durch offene Canäle, Fäcaldepots, Flüsse oder Bodenflächen, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe dienen, oft in hohem Grade verunreinigt.

Die Bedeutung dieser Luftverunreinigung ist S. 156 ff. dargelegt. Eine toxische Wirkung der Jauchegase wird nur beim Grubenräumen, in nicht ventilirten Canälen oder bei völlig vernachlässigten Abortanlagen beobachtet, wenn die Luft durch die Gase zu einem erheblichen Theil verdrängt ist. Für gewöhnlich ist die Concentration der giftigen Jauchegase auch in der Wohnungsluft viel zu gering, um Vergiftungserscheinungen hervorrufen zu können.

Noch viel weniger sind die gasförmigen Produkte der Abfallstoffe im Stande, Infektionen hervorzurufen. Fälschlicherweise wird allerdings gerade in diesen Emanationen vielfach noch die eigentliche Gefahr der Abfallstoffe gesehen. Riechende Abort- oder Canalgase werden von manchen Aerzten und Laien, namentlich in England, in völlig kritikloser Weise und unter Ignorirung der neuen Forschungsresultate als Ursache von Typhus, Diphtherie, Erysipel, Puerperalfieber u. s. w. angeschuldigt. Es ist bereits oben die Unhaltbarkeit derartiger Anschauungen ausführlicher erörtert worden.

Dagegen rufen die von den Abfallstoffen herrührenden übelriechenden Gase in ausgesprochenster Weise die S. 158 geschilderten Erscheinungen — Ekelgefühl, Behinderung in der Aufnahme der Luft u. s. w. — hervor, und sind ausserdem nicht selten das Zeichen einer mangelhaften Reinlichkeit und insofern Symptom einer gewissen Infektionsgefahr.

2) Die Abfallstoffe liefern eine grosse Menge organischer, fäulnissfähiger Stoffe, und eventuell mineralische Gifte in den Boden in das Grundwasser resp. in die Flüsse.

Wird das Grundwasser oder Flusswasser als Trink- oder Brauchwasser benutzt, so können die hineingelangten organischen Abfallstoffe die Benutzbarkeit desselben hindern, weil es alsdann nicht mehr den S. 202 aufgestellten Anforderungen bezüglich der Appetitlichkeit, Klarheit, Geruchlosigkeit u. s. w. entspricht.

Ferner kann ein Boden so stark mit Abfallstoffen imprägnirt werden, dass er zu üblen Gerüchen Anlass giebt und dass wiederum das in seiner Tiefe befindliche Grundwasser stark verunreinigt wird. — Im Uebrigen ist die Bedeutung der Verunreinigung des Wassers und Bodens durch organische Stoffe früher weit überschätzt. Es ist oben dargelegt worden, dass ein reichlicher Gehalt des Wassers und Bodens an organischer Substanz an und für sich für die Frequenz infektiöser Krankheiten belanglos ist.

3) Die Abfallstoffe vermitteln die Verbreitung von Infektionserregern. Die Ausbreitung kann namentlich erfolgen, wenn innerhalb der Wohnung resp. in der Nähe derselben sich offene Lager von Abfallstoffen vorfinden (verschmutzte Höfe, offene Rinnsteine u. s. w.). Die Uebertragung kann dann in der verschiedensten Weise, durch Menschen (namentlich spielende Kinder), Insecten, Luftströmungen, Geräthschaften, Hausthiere u. s. w. geschehen. — Oder die Ausbreitung wird von der weiteren Umgebung der Wohnung aus vermittelt: von der Bodenoberfläche (Garten und Gemüseland) aus; durch Abwässer, die in gegrabene, benutzte Brunnen gelangen, namentlich bei Ueberschwemmungen; oder durch offene Strassenrinnsteine, oder durch Bäche oder Flüsse, welche einerseits Abfallstoffe aufnehmen, andererseits zum Trinken, Waschen, Spülen oder Baden dienen; selten durch verstäubten oder verschleppten Kehricht.

Bestehen Einrichtungen, um alle Abfallstoffe möglichst schnell aus der Wohnung und dem Bereich der Menschen fortzuschaffen, werden ferner die Infektionsquellen in den Abwässern ausserordentlich stark verdünnt, und gelangen diese dann in tiefere Bodenschichten oder wenig benutzte Flüsse oder werden sie mit bakterientödtenden bezw. bakterienabscheidenden Mitteln behandelt, so sinkt die Möglichkeit einer Infektion durch Abfallstoffe auf das geringste Maass.

Für manche Krankheiten, namentlich für Typhus, Cholera, Ruhr u. s. w., wird durch solche Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe ein grosser Theil aller überhaupt in Betracht kommender Infektionsquellen beseitigt und die Verbreitung sehr wesentlich gehindert

werden. Für viele andere Krankheiten, z. B. die akuten Exantheme, stellt die Verbreitung der Erreger durch die Abfallstoffe einen relativ selten betretenen Weg dar, und hier werden daher Infektionen nicht in gleichem Maasse seltener werden, trotz bester Anlagen zur sogenannten Städtereinigung.

Man darf sich auch bezüglich der erstgenannten Kategorie von Infektionskrankheiten keine übertriebenen Vorstellungen von der Wirksamkeit der Maassregeln zur Entfernung der Abfallstoffe machen. Wo ein zahlreiches Proletariat sich findet, wo die Bevölkerung in engen Wohnungen lebt und an unsaubere Kleidung und Nahrung gewöhnt ist, da werden auch trotz Canalisation zahlreiche Uebertragungen von Diphtherie, Tuberkulose u. s. w. und auch gelegentlich stärkere Contakt-Epidemieen von Typhus und Cholera vorkommen. Vollends wo die Wasserversorgung mangelhaft ist, können diese Seuchen unbekümmert um vorzügliche Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe in heftigster Form auftreten (Hamburger Choleraepidemie 1892). So gross der hygienische Nutzen der Vorkehrungen zur Entfernung der Abfallstoffe zweifellos veranschlagt werden muss, so muss man sich doch vor Ueberschätzung hüten und darf keineswegs unter allen Umständen eine vollständige „Assanirung" von ihnen erwarten (vgl. Kap. X).

Auf Grund vorstehender Erörterungen wird ein zweckentsprechendes System zur Entfernung der Abfallstoffe Folgendes leisten müssen:

1) In erster Linie ist es erforderlich, dass die Abfallstoffe so schnell und vollständig wie möglich aus den menschlichen Wohnungen und der nächsten Umgebung derselben entfernt werden, bezw. dass ihnen durch Abtödtung der Bakterien die Infektionsgefahr genommen und durch besondere Vorkehrungen die Verbreitung übeler Gerüche unmöglich gemacht wird.

2) Nachdem dieser unbedingt wichtigsten hygienischen Forderung genügt ist, muss darauf geachtet werden, dass die Abfallstoffe ausserhalb der Wohnstätten nicht unverändert in Flüsse oder auf Bodenflächen u. dgl. gelangen, von denen aus Kommunikationen mit zahlreicheren Menschen bestehen, sondern erst nach solcher Vorbehandlung, dass keine Infektionsgefahr und keine Geruchsbelästigung mehr durch sie verursacht wird. Ausserdem ist beim Einlass in Wasserläufe zu berücksichtigen, ob auch die Fischzucht nicht durch die Abwässer Schaden leidet.

3) Sollen unästhetische Eindrücke thunlichst vermieden werden.

4) Unter den Systemen, welche vorstehende Bedingungen erfüllen, ist das billigste am empfehlenswerthesten.

5) Bei sonstiger Gleichwerthigkeit ist einem Verfahren, welches eine landwirthschaftliche Verwerthung der Abfallstoffe gestattet, der Vorzug zu geben.

C. Die einzelnen Systeme zur Entfernung der Abfallstoffe.

Man unterscheidet 1) solche Systeme, welche mit lokalen Sammelstätten ohne unterirdische, communicirende Canäle arbeiten und vorzugsweise die Fäkalien beseitigen, sogenannte Abfuhrsysteme; dahin gehört das Grubensystem, das Tonnensystem und die Abfuhr mit Präparation der Fäkalien.

2) Solche Einrichtungen, bei welchen die Fäkalien oder auch die sämmtlichen Abwässer durch ein unterirdisches Canalnetz gemeinsam für grössere Complexe von Häusern fortgeschafft werden, Canalsysteme; zu letzteren gehört die Schwemmcanalisation und die sogenannten Separations- oder Trennungssysteme. — Kehricht und Thiercadaver werden bei allen Systemen gesondert behandelt.

1. Abfuhrsysteme.

Das Grubensystem.

Die Fäkalien werden in einer nahe am Hause gelegenen Grube gesammelt und von dort zeitweise abgefahren. — An den meisten Orten bestehen besondere Vorschriften für die Anlage und Construction der Gruben.

Dieselben sollen nicht zu gross sein, höchstens 2—5 cbm Inhalt haben, ferner in einem Abstand von mindestens 15 m vom Brunnen angelegt werden und durch eine besondere Mauer und Lehmschicht von der Fundamentmauer des Hauses getrennt sein. — Sind die Gruben durchlässig, so erfolgt leicht eine Uebersättigung des Bodens mit Abfallstoffen, die zur Entwickelung fauliger Gerüche führt. Eine völlige Dichtung der Grube ist indess schwer herzustellen. Unter dem Einfluss des Ammoniumcarbonats der Jauche wird selbst Cementmörtel allmählich angegriffen und die anfangs dichte Grube wird insufficient. Am besten ist es, die Gruben zwischen zwei Steinlagen mit einer dicken Thon- oder Lehmschicht zu umgeben. Man verhindert dadurch wenigstens eine Uebersättigung des Bodens, verhindert aber nicht, dass bei dichter Bebauung das Grundwasser allmählich verunreinigt und unappetitlich wird.

Die Gruben sollen ferner wasser- und luftdicht gedeckt sein; am besten mit einer Eisenplatte, oder mit Bretterlage und darüber mit einer starken Lehmschicht. — Das Fallrohr soll aus einem innen sehr glatten, undurchlässigen Material, z. B. aus glasirtem Thon oder emaillirtem Eisen bestehen. Kommen Abzweigungen vor, so sollen Seiten- und Hauptrohr höchstens einen Winkel von 25—28° bilden. — Der Querschnitt soll eiförmig, die Hinterwand des Sitztrichters vertikal und etwas zurückweichend, die Vorderseite stark geneigt und keinesfalls bauchig sein.

In jedem Falle ist eine Ventilation der Grube erforderlich, damit die Gruben- und Abtrittsgase nicht in's Haus eindringen. Wenn die Grube undicht gedeckt oder mit sogenanntem Dunstrohr versehen

ist, pflegen sich regelmässig starke Strömungen in das Haus hinein herzustellen. Es muss versucht werden, die Gase über Dach zu leiten, und als Motor die Küchenkamine zu benutzen, die auch im Sommer warm bleiben, oder aber durch besondere Feuerungen oder Gasflammen einen Motor herzustellen. Völlig unzulässig ist es, die Gase direct in einen Kamin einzuleiten; es findet dann unter Umständen (namentlich im Sommer und Herbst) eine Umkehr des Stroms und massenhaftes Eindringen der verunreinigten Luft in die Zimmer statt.

Am meisten empfiehlt sich das PETTENKOFER'sche Ventilationsverfahren. Das Fallrohr wird, ohne den Querschnitt zu verengern, bis über das Dach hinaufgeführt und erhält dort einen Aspirationsaufsatz. So viel als möglich wird es während seines ganzen Verlaufs an einen Küchenkamin angelegt, von welchem es durch eine eiserne Platte geschieden ist; oder es werden in der oberen Verlängerung des Rohres Gasflammen angebracht. Die Sitzöffnung soll für gewöhnlich bedeckt sein. Es stellt sich dann geradezu eine Art Vacuum her, so dass die Luft kräftig in den Sitz hinein- und zum Dache herausströmt, sobald der Deckel abgenommen wird.

Nach D'ARCET soll ein besonderes Ventilationsrohr von der Grube aus über Dach geführt und an einen Küchenschornstein angelehnt resp. durch Feuerung oder Gas erwärmt werden. Die Sitze sollen dann beständig offen bleiben und ein fortwährender Luftstrom soll durch letztere hinab in die Grube und von da durch das Ventilationsrohr zum Dache hinaus unterhalten werden. Sind wirklich kräftige Feuerungen vorhanden und ist der Verschluss der Grube völlig dicht, so leistet diese Ventilation sehr Gutes (so in manchen öffentlichen Anstalten). Sobald aber der Motor nachlässt oder Nebenöffnungen am Grubenverschluss entstehen, kann es eventuell zu einer Umkehr der Stromrichtung, resp. zu einer Ausschaltung des Fallrohrs kommen. Die vorgenannte Methode ist daher im Allgemeinen vorzuziehen. — Versuche, den Raum, in welchem sich der Abort befindet, nicht aber Sitz und Fallrohr selbst zu ventiliren, sind beim Grubensystem stets ungenügend ausgefallen.

Von Zeit zu Zeit müssen die Gruben geräumt werden. Damit hierbei nicht hygienische Nachtheile oder eine Belästigung durch Gerüche eintritt, sind in neuerer Zeit Apparate in Aufnahme gekommen, mittelst welcher der Grubeninhalt in einen luftleer gemachten Kessel aspirirt und dann abgefahren wird. Die Grubengase werden verbrannt, und es ist in dieser Weise eine fast völlige Geruchlosigkeit zu erzielen. Die Räumung soll nur am Tage geschehen, damit um so leichter eine Controle ausgeübt werden kann.

Besondere Vorsicht ist auf das Vermeiden jeglichen Verspritzens des Grubeninhalts zu verwenden. — Zuweilen bleibt ein festerer Absatz in den Gruben, der dann nach vorhergegangener Imprägnirung mit Eisenvitriol oder dgl. mittelst Schaufeln zu entfernen ist.

Die Häufigkeit der Grubenentleerung schwankt bedeutend; in einzelnen Städten erfolgt sie nur einmal jährlich, in anderen alle vier Wochen. Die

Kosten der Unterhaltung ohne Reparatur, ohne Motor zur Ventilation und ohne Desodorisirungsmittel betragen mindestens 1·80 Mark pro Kopf und Jahr.

Das Urtheil über den hygienischen Werth des Grubensystems richtet sich offenbar ganz nach der Art der Ausführung desselben.

Erfolgt die Construction der Grube, die Ventilation des Fallrohrs, die Desodorisirung und die Räumung nach den oben gegebenen Vorschriften und wird das Grundwasser nicht zur Wasserversorgung benutzt, so ist vom hygienischen Standpunkt kaum ein Einwand gegen das Grubensystem zu erheben.

Vor allem ist die durch dieses System gebotene Infektionsgefahr sehr gering. Gelangen infektiöse Dejektionen in den Abort, so ist keine Gelegenheit zur Verbreitung der Infektionserreger gegeben; insbesondere ist die Luft nicht zu einem Transport derselben geeignet, weil der Inhalt der Grube und des Fallrohrs keine staubtrockene Beschaffenheit annimmt und weil bei guter geordneter Ventilation die Luftströmung niemals in's Haus gerichtet ist. — Höchstens bei der Räumung könnten Krankheitserreger verschleppt werden; aber auch das ist bei geschultem Personal und bei völlig dichten Abfuhrwagen leicht zu vermeiden.

Uebele Gerüche lassen sich bei vorschriftsmässiger Anlage ganz fern halten. Wo gar durch eine Wasserleitung Wasser von ausserhalb zugeführt wird, ist von der unvermeidlichen mässigen Bodenverunreinigung gewiss nichts zu fürchten, und ein Grubensystem ist unter solchen Verhältnissen entschieden hygienisch zulässig; dabei ist es relativ billig, trägt den Forderungen der Landwirthe Rechnung und entspricht nur unserem ästhetischen Bedürfniss nicht so gut wie einige andere Systeme.

Allerdings muss das Grubensystem vollständig verworfen werden, wenn die oben begründeten Vorschriften für die Constructionen und den Betrieb der Gruben nicht eingehalten werden. Das ist namentlich in kleinen Städten oft genug der Fall. Die Gruben findet man dort stark durchlässig, so dass sie den Boden in kolossalem Grade verunreinigen; sie sind ungenügend gedeckt und führen massenhaft Gerüche ins Haus; die Fallrohre haben schlechte Neigung, sind aus porösem Material. Die Räumung geschieht Nachts durch Ausschöpfen unter furchtbarer Verpestung der Luft und in durchlässigen Wagen, so dass der Inhalt auf der umgebenden Bodenoberfläche sowie auf dem ganzen Transportwege verbreitet wird.

Weitere Verwendung des Grubeninhalts. Die abgefahrenen Massen werden entweder in der nächsten Umgegend direct als Dünger verwendet oder auf weitere Strecken versandt oder zu Poudrette verarbeitet. Ein Eisenbahntransport rentirt sich nur in grossen, etwa 3 cbm fassenden Behältern, in welche die kleineren Behälter umgefüllt werden müssen. — Bei grösseren Städten kann häufig nicht die ganze Abfuhr sofort untergebracht werden, und es werden daher Depots, d. h. Sammelgruben von circa 100 cbm Inhalt, ausserhalb der Stadt angelegt, von wo der Dünger in kleineren Quantitäten durch Landwirthe abgeholt wird. — In Eduardsfelde bei Posen ist der Grubeninhalt durch Besprengen von Ackerflächen nutzbar gemacht. Von der Sammelgrube aus befördert eine Druckluftleitung die Massen auf die Felder; an ihrem Ende befindet sich eine oberirdische tragbare Vertheilungsleitung und ein langer Schlauch mit Mundstück. Das Besprengen wird auch nach dem Aufgang der Saat fortgesetzt (Kopfdüngung). — Gewisse Bedenken bezüglich der Verbreitung von Krankheitserregern durch dieses System lassen sich nicht unterdrücken.

Bei der Poudrettefabrikation ist vor Allem das Wasser der gesammelten Fäkalien zu entfernen. Das früher versuchte Abdunstenlassen in grossen Teichen führte zu enormer Verunreinigung der Luft. Anwendung künstlicher Wärme wurde zuerst in England versucht. Die mit Asche versetzten Fäkalien werden unter Zusatz von SO_4H_2 unter Rühren erhitzt, das braune Condenswasser wird in den Fluss geleitet, die Gase verbrannt; die restirende Poudrette als Dünger verkauft. — Neuerdings sind von Buhl & Keller resp. von Podewils Modifikationen des Verfahrens empfohlen; aber keins derselben hat sich bisher in der Praxis als rentabel erwiesen.

Das Tonnensystem.

Statt der Aufsammlung der Fäkalien in Gruben hat man es für empfehlenswerther erklärt, oberirdisch kleine, leicht transportable Behälter aufzustellen und diese häufig (an jedem dritten bis achten Tage) zu wechseln, d. h. den vollen Behälter nach einem Depot fortzuschaffen und dort zu entleeren und statt dessen einen anderen einzustellen.

Die Tonnen stehen am besten zu ebener Erde, in kleinen, gut gemauerten und mit wasserdichtem Fussboden (Cement, Asphalt) versehenen Kammern, die durch eine Thür von aussen zugänglich sind; bei alten Gebäuden auch wohl in den alten Gruben, doch ist dann der Transport der Fässer schwierig.

Die Behälter, sogenannte „Heidelberger Tonnen“, waren früher von Holz, innen verkohlt und getheert (Petroleumfässer); jetzt benutzt man gewöhnlich stehende Cylinder aus verzinntem Eisenblech. Der Inhalt

beträgt für Privathäuser 105—110 Liter, selten bis 300 Liter. — Die Fallrohre sollen möglichst dicht in die Tonnen eingefügt sein; dazu dient ein doppelter gusseiserner Ring, zwischen welche das Ende des Fallrohrs passt. — An den Seiten befinden sich Henkel, unter die sich bequem Tragen oder zweirädrige Karren unterschieben lassen.

Ventilation der Kübel erfolgt am Besten dadurch, dass das Fallrohr über Dach verlängert und dort mit Aspirationsaufsatz versehen wird (Fig. 135).

Ausserdem ist bei den Heidelberger Tonnen ein Syphon angebracht, ein gebogenes Eisenrohr, das sich mit frischen Fäkalien füllt, aber den Aufstieg

Fig. 135. Profil eines Hauses mit Tonnenabfuhr.

Fig. 136. Heidelberger Tonne, mit Fallrohr, Syphon und Ueberlaufeimer.

von Gasen aus der Tonne hindert. Damit der Syphon sich nicht verstopft, ist eine bewegliche Zunge vorgesehen, die von aussen durch Kurbel bewegt werden kann. Ferner ist unter dem Syphon Platz für eine Lampe, um eventuell das Einfrieren hindern zu können, wozu übrigens auch Umwickeln der Rohre mit Schlackenwolle u. s. w. ausreicht. — Jede Tonne hat einen Ueberlauf, der in einen vorgestellten Eimer führt (s. Fig. 136).

Die abgefahrenen Tonnen können in kleineren Städten und im Sommer gleich auf den Feldern entleert werden. In grossen Städten sind die ganzen Massen nicht sofort abzusetzen, namentlich im Winter. Daher müssen Fäkaldepots angelegt oder der Inhalt muss zu Poudrette verarbeitet werden. Die Depots geben bei ausgedehnten Abfuhranlagen zu erheblicher Belästigung der Nachbarschaft Anlass. Zuweilen hat man, um nur die Massen los zu werden, den Kübelinhalt resp. den Depotinhalt in Flüsse schütten müssen.

Die Kosten betragen für Anschaffung von zwei Kübeln mit Syphon circa 200 Mark; für jede Abfuhr 12—20 Pfennige. Für den Kübelinhalt werden bis zu 20 Pfennige pro Liter gezahlt, jedoch nur, wenn keine Verdünnung mit Wasser stattgefunden hat und Bedarf vorhanden ist.

Das Tonnensystem wird vielfach als hygienisch dem Grubensystem überlegen hingestellt, weil den frischen Fäkalien nur ein kurzer Aufenthalt im Hause gestattet wird und von diesen keine Infektionsgefahr ausgehen soll; namentlich aber deshalb, weil beim Tonnensystem der Boden ganz frei von organischer Substanz gehalten und damit angeblich ungeeignet für die Ausbreitung von Epidemieen gemacht wird. — Diese Anschauungen sind indess jetzt als in jeder Beziehung unrichtig erwiesen. Gerade die frischen Fäkalien sind besonders infektionsverdächtig und verlangen vorsichtigste Behandlung; und die Verunreinigung der tieferen Bodenschichten hat nach unseren heutigen Anschauungen keinen Einfluss auf die Entstehung und Ausbreitung von Epidemieen.

Vergleicht man ein gut ausgeführtes Gruben- und ein gleichfalls vorschriftsmässig betriebenes Tonnensystem, so zeigt letzteres nur geringe Vortheile. Die Gefahr einer Verbreitung von Infektionskeimen ist um so grösser, je häufiger der Wechsel und die Entleerung der Tonnen erfolgt. Bei dem steten Transportiren zahlreicher Kübel ist eine Beschmutzung der Bodenoberfläche u. s. w. sehr leicht; wird der frische, infektiöse Inhalt auf benachbarte Felder und Gemüseländereien entleert, so kann eine lange Conservirung der Infektionserreger stattfinden und zur Weiterverbreitung ist die reichlichste Gelegenheit geboten. Eine entschiedene Gefahr liegt auch darin, dass ein Haus nicht stets dieselben Kübel benutzt, sondern dass diese von Haus zu Haus gewechselt werden. Die Kübel sollten daher nach der Entleerung nicht nur gereinigt, sondern auch desinficirt werden, was z. B. in Greifswald durch ein Gemisch von warmem Wasser und gespanntem Dampf geschieht.

Bei schlechtem Betrieb ist das Tonnensystem bedenklicher als ein mangelhaftes Grubensystem. Namentlich kommt es oft zum Ueberlaufen der Tonnen in solchem Maasse, dass auch die vorgestellten Eimer nicht ausreichen, sondern der Boden des betreffenden Raumes mit Jauche bedeckt wird. Eine derartige Verunreinigung findet man bei Revisionen um so häufiger, als die Dimensionen der Tonne auf das Fernhalten aller Flüssigkeiten zugeschnitten werden, damit der Kübelinhalt hinreichend concentrirt sei und den Transport lohne. Vielfache Uebertretungen des Verbots, Flüssigkeiten einzugiessen, sind aber selbstverständlich. Dadurch kommt es dann zu üblen Gerüchen und eventuell zu Infektionsquellen innerhalb des Hauses.

Für ausgedehnteren Betrieb in grösseren Städten ist daher das Tonnensystem nicht geeignet. Verwendbar ist es für kleine Städte mit leichtem Absatz der abgefahrenen Fäkalien; ferner für einzelne etwa schwer zu canalisirende Theile einer grossen Stadt. Stets ist aber strenge Controle durch zahlreiche Aufsichtsbeamte erforderlich. — Für

kleinere Familienhäuser, für kleinere Häusergruppen, wo keine Einrichtungen für pneumatische Entleerung der Gruben bestehen, und für einzelne öffentliche Anstalten mit gutem Aufsichtspersonal ist das Tonnensystem besonders indicirt und dem Grubensystem vorzuziehen.

Abfuhr mit Präparation der Fäkalien.

Häufig wird eine Desinfektion oder eine Desodorisirung des Gruben- und Tonneninhalts versucht. Beide Proceduren sind nicht zu verwechseln. Mit der Desinfektion streben wir eine Tödtung der Infektionskeime an; eine solche lässt sich in einfachster und billigster Weise erreichen durch bestimmte Mengen Aetzkalk, Chlorkalk oder Mineralsäuren. Ueber die Ausführung dieser Desinfektion, die nur dann zu geschehen hat, wenn Verdacht auf das Vorhandensein infektiöser Abgänge besteht, s. Kap. X.

Desodorisirung ist dagegen vielfach regelmässig in Gebrauch. Man sucht dabei entweder die gebildeten übelriechenden Gase zu beseitigen bezw. am Entweichen zu hindern, oder im faulenden Substrat die Zersetzungserreger abzutödten; oder das Fäulnissmaterial für weitere Zersetzung ungeeignet zu machen. Meist kommen kombinirte Wirkungen zu Stande.

Angewendet werden von Chemikalien namentlich Eisenvitriol und rohes Manganchlorür, welche die riechenden Gase binden und zugleich die Entwickelung der Fäulnissbakterien hemmen.

Beide binden Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium, ferner durch die stets vorhandene freie Säure Ammoniak. Der Säureüberschuss wirkt ausserdem kräftig bakterienhemmend. In Fällen, wo flüchtige Fettsäuren prävaliren (z. B. in Rübenschnitzel-Gruben) würde statt dieser sauren Chemikalien Aetzkalk zur Desodorisirung zu verwenden sein. — Stagnirender Pferdeharn, der hauptsächlich Ammoniumcarbonat entwickelt, ist am besten durch Gypspulver zu desodorisiren. — Auch rohes Kaliumpermanganat ist als Desodorans geeignet. Dasselbe wirkt energisch auf die Bakterien, oxydirt Schwefelwasserstoff und andere übelriechende Stoffe, und das entstehende Manganoxyd bindet ausserdem Schwefelammonium. Die Kosten der drei genannten Substanzen sind sehr gering; ein Kilo Eisenvitriol kostet etwa 5 Pfennige, Manganchlorür 20 Pf., Kaliumpermanganat 50 Pf.

Besonders hervorgehoben sei noch, dass die Carbolsäure zur Desodorisirung gänzlich ungeeignet ist, sie ist nicht im Stande, die riechenden Gase zu binden oder zu beseitigen und vermag eine Entwickelungshemmung der Bakterien erst bei so hoher Concentration zu veranlassen, wie sie gegenüber den Abfallstoffen niemals zur Verwendung gelangt. Sie ist vielmehr nur im Stande, andere üble Gerüche durch den eigenen unangenehmen Geruch zu verdecken, und es wäre daher sehr zu wünschen, dass die völlig irrationelle Anwendung der Carbolsäure in öffentlichen Aborten, z. B. der Eisenbahnwaggons u. s. w., durch ein zweckentsprechendes Mittel ersetzt würde.

Die Chemikalien sind neuerdings mehr und mehr verdrängt durch poröse, feinpulverige Substanzen, welche durch Flächenattraktion die riechenden Gase binden, ausserdem rasch Feuchtigkeit absorbiren und Oxydation veranlassen. Dahin gehören z. B. gepulverte Holzkohle, trockene Erde, Asche, Torfstreu.

Das sogenannte Erdcloset ist am längsten bekannt und ist namentlich in England und Indien viel angewendet. Lehmige oder thonige Gartenerde wird in völlig trockenem Zustand mit den Fäkalien gemengt; für eine Defäkation von 120 g Fäces und 300 g Harn sind $^3/_4$—1 kg Erde erforderlich. Das Wasser wird sofort aufgesogen, die Gase werden absorbirt und dann beginnt in dem porösen Boden Verwesung und Mineralisirung der organischen Stoffe unter Beihülfe zahlreichster Bakterien. Nach beendeter Mineralisirung ist die Erde aufs Neue brauchbar. — Zum Aschencloset wird Asche benutzt, die von den Kohlenrückständen abgesiebt ist, und der etwas gepulverte Kohle beigemengt wird. Die Wirkung ist ähnlich, aber die Mineralisirung nicht so vollständig wie bei den Erdclosets.

Beide vorgenannte Methoden sind jetzt verdrängt durch die Torfstreuclosets, weil von der Torfstreu weniger Masse zur vollständigen Desodorisirung nöthig ist und weil dieselbe sehr leicht und in compakter Form transportabel ist. Der sog. „Torfmull" vermag circa das Achtfache seines Gewichts an Wasser aufzusaugen. Für 150 g Fäces und 1200 ccm Harn, d. h. pro Mensch und Tag, sind 155 g Torfmull nöthig; für eine Entleerung von 150 g Fäces + 30 g Harn = 50 g, also 20 mal weniger dem Gewicht nach als von Erde erforderlich ist. — Dabei kosten 100 kg nur 3—4 Mark. — Entweder wird die Torfstreu jedes Mal eingeschüttet, oder es sind Closets mit automatischem Betrieb eingeführt (Bischleb & Kleucker's, Poppe's Closet).

Der Torfmull übt vermöge seiner saueren Reaktion auch eine gewisse bakterientödtende Wirkung aus. Dieselbe ist aber selbst Cholerabacillen gegenüber langsam und unvollkommen; Typhusbacillen bleiben im Torfmull lange lebensfähig. Wohl aber lässt sich der Torfmull durch Zusatz von Säuren (Schwefelsäure) oder sauren Salzen (Kainit) in ein Desinficiens verwandeln, das Cholera- und Typhusbacillen in kurzer Zeit abtödtet; die desodorisirende Wirkung bleibt dabei ungeschwächt (Fränkel). — Zu widerraten ist ein Zusatz von Carbol, dem man häufig in dem käuflichen Torfmull begegnet; derselbe hat erst bei viel stärkerer Concentration desinficirende Wirkung und bewirkt nur unangenehmen Geruch.

Das Tonnensystem mit Torfstreu ist für kleinere Häuser und manche öffentliche Anstalten besonders empfehlenswerth.

Eine mechanische Absperrung gegen Gerüche hat man anzuwenden versucht z. B. dadurch, dass eine Art von Wasserverschluss (richtiger Jaucheverschluss) das Entweichen grösserer Gasmengen aus dem Fallrohr hindert (Verfahren von Goldner, Mouras). Bei dem Pagliani'schen System kann ausserdem nach Bedarf ein Theil des Grubeninhalts entleert werden und dabei noch eine mit Torf gefüllte Grube passiren. —

Bei Pissoiranlagen lässt sich durch einen Oelverschluss die Geruchsentwicklung vermeiden. Wände und Boden werden mit Mineralölmischung abgerieben; unter den Becken befinden sich glockenförmige Syphons, in denen immer eine Oelschicht an der Oberfläche schwimmt.

Einige Modifikationen der vorbeschriebenen Systeme sind aus dem Bestreben hervorgegangen, einen gewissen Wasserverbrauch zur Spülung und Reinhaltung der Closets zu gestatten, trotzdem aber die Abfuhr rentabel zu machen. Man hat dies 1) durch Trennung von flüssigen und festen Theilen, 2) durch Zusatz gewisser Chemikalien und Einschaltung von Klärgruben zu erreichen gesucht. Durch die Chemikalien sucht man vielfach nebenbei noch eine desodorisirende oder desinficirende Wirkung zu erzielen.

Die am meisten gebrauchten Mittel sind Aetzkalk oder Magnesia, oder sauer reagirende Eisensalze bezw. Aluminiumsulfat (Mangan-, Zinksalze). Ihre Wirkung besteht darin, dass voluminöse Niederschläge in der Jauche entstehen, welche einen grossen Theil der landwirthschaftlich verwerthbaren Bestandtheile enthalten.

Im Harn findet sich saures Calciumphosphat und Calciumbicarbonat; durch Zusatz von Aetzkalk entsteht unlöslicher basisch phosphorsauer Kalk und Calciumcarbonat; Magnesiazusatz führt zur Bildung von Tripelphosphat. Treffen Eisen- oder Aluminiumsulfat mit alkalischen Substanzen (Ammoniumcarbonat) zusammen, so entstehen sehr voluminöse Fällungen von Eisenhydrat und Thonerdehydrat. Eisensulfat bindet ausserdem Schwefelammonium. — Mit geringfügigen Abweichungen sind diese Chemikalien bei allen Präparationsverfahren verwendet. Zuweilen werden noch weitere Niederschläge bewirkt, z. B. durch Zusatz von sauren Phosphaten oder von Kieselsäurehydrat u. s. w., vgl. S. 478.

Trennung von Harn und Fäces. Der Koth wird z. B. durch eine fast vertikal stehende durchlöcherte Scheidewand im Closet zurückgehalten. Im schwedischen Luftcloset ist eine besondere Rinne für den Harn und ein anderer Behälter für die Fäces bestimmt. — In grösserem Umfang sind alle diese Closets nicht verwendbar; sie entsprechen zu wenig den hygienischen und ästhetischen Anforderungen und genügen auch den Ansprüchen des Landwirths nicht, weil der für die Düngung werthvollere Theil der Excremente, der Harn, gewöhnlich unberücksichtigt bleibt. — Auch eine Trennung von Harn und Koth in der Grube dadurch, dass am Boden derselben Siebe oder poröse Steinlagen angebracht werden, durch welche die flüssigen Theile abfliessen, hat sich wenig bewährt.

Klärgruben. Die Fäkalien werden auf den Boden einer grösseren Grube geleitet. In dieselbe Grube werden die chemischen Zusätze gebracht; es bilden sich starke Niederschläge und setzen sich am Boden ab; die geklärte Flüssigkeit fliesst oben mittelst eines Ueberlaufs in eine zweite kleinere Grube; und von dieser in Rinnsalen, oberflächlichen Thonrohrcanälen u. s. w. in einen Flusslauf. — Viele Systeme, z. B.:

Süvern's Verfahren. 100 Theile Kalk werden mit 300 Theilen Wasser gelöscht, dem heissen Brei werden 8 Theile Theer und 33 Theile Magnesiumchlorid zugesetzt, dann auf 1000 aufgefüllt. Mit dieser Masse werden die Fäkalien in Gruben versetzt; nach dem Absetzen des Niederschlags lässt man die Flüssigkeit oberflächlich ablaufen, der Niederschlag wird abgefahren. Ohne reichlichen Kalküberschuss ist der Ablauf des Klärwassers nicht zu gestatten.

A.-B.-C.-Process, in England (z. B. Leeds) eingeführt. Mischung von Alaun, Blut, Kohle, Magnesia resp. Dolomit (Alum, Blood, Clay). Behandlung der Fäkalien ähnlich wie beim Süvern'schen Verfahren.

Friedrich's Verfahren. Ein Gemenge von Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Kalkhydrat und Carbolsäure befindet sich in einem Kasten, durch welchen das Wasser zum Closet strömt. Eine besondere Einrichtung bewirkt, dass bei jedem Durchströmen ein Aufwallen und Ausspülen von Desinfektionsmasse erfolgt. Die mit Desinfektionswasser gemischten Fäkalien werden in eine cementirte Grube geleitet, setzen sich dort ab, und die gereinigte klare obere Flüssigkeit kann in Canäle, Rinnsteine oder in den Boden durch Stauventile periodisch abgelassen werden. Die Schlammmasse wird abgefahren. — Die Wässer sollen alkalisch durch $Ca(OH)_2$ reagiren; dies wird durch mit $BaCl_2$ getränktes Curcumapapier festgestellt. — In verschiedenen Städten und Krankenhäusern eingeführt. Kosten gering, 40—90 Pf. pro Kopf und Jahr für das Desinfektionsmittel, aber sorgfältige Controle ist unbedingt nöthig; das Verfahren ist daher nicht für ganze Städte, wohl aber für einzelne Anstalten, ländliche Anlagen, Badeorte u. s. w. brauchbar.

Wilhelmy's Verfahren. Dem vorigen ähnlich, nur findet die Mischung mit der Desinfektionsmasse in einer kleinen Vorgrube statt, in welche die Fäkalien zuerst gelangen, und von wo sie erst nach gewissem Aufenthalt (zweimal wöchentlich) in die grössere Grube übergelassen werden. — Die Desinfektion ist unsicher; Controle und Revision nöthig.

Petri's Verfahren. Desinfektionspulver aus Torf, Steinkohlengrus und Gastheer; dieses wird noch mit Kohlenabfällen und Kehricht gemengt und kommt in einen Trog unter dem Abtrittssitz; durch eine Rührschnecke wird dort die Masse einmal pro Tag umgerührt. Nach der Abfuhr in das Depot wird dort noch mehr Torf- und Kohlengrus zugemischt, und schliesslich werden Ziegel gepresst (sogenannte Fäkalsteine). Diese sollen als Brennmaterial benutzt und erst die Asche als Dung verwerthet werden.

Auch verschiedene der unten aufgeführten, vorzugsweise für die Reinigung von Canalwässern und Fabrikabwässern benutzten Reinigungsverfahren sind für einzelne Klärgruben verwendbar.

Alle die aufgezählten Abfuhrverfahren genügen den hygienischen und ästhetischen Anforderungen für eine grössere städtische Bevölkerung nicht. Selbst die Systeme mit Klärgruben und theilweiser Desinfektion versagen bei Anwendung in grösserem Maassstabe; die Desinfektion ist unzuverlässig, die Annahme, dass eine ausreichende Desinfektion vorhanden sei, führt zu rücksichtsloserem Umgehen mit dem

Grubeninhalt; die Beseitigung des Geruchs gelingt nur einigermaassen bei gutem Betrieb und steter Controle. — Am schwerwiegendsten ist ein Einwand, der gegen das Grubensystem ebensowohl wie gegen das Tonnensystem zu erheben ist: die Hauswässer bleiben unberücksichtigt und pflegen beim Tonnensystem vollständig, beim Grubensystem zum Theil, in oberflächlichen Rinnsalen abgeführt zu werden. Wie oben gezeigt wurde, sind gerade diese Hauswässer hygienisch besonders bedenklich und verlangen durchaus eine unterirdische Abführung. Wird aber eine solche angelegt, dann ist es irrationell, die Fäkalien abzutrennen, sondern die Trennung muss in anderer Weise vollzogen werden, nämlich so, dass Fäkalien und Abwässer einerseits, Meteorwasser andererseits die Theile bilden, welche in verschiedener Art abgeleitet werden (s. unter „Trennsysteme").

Nur in denjenigen Städten, wo bereits ein Canalsystem besteht, das für die Entfernung der Hauswässer brauchbar ist, aber eine stärkere Beanspruchung nicht verträgt; oder wo eine Anlage unterirdischer Kanäle nicht durchführbar ist (z. B. wegen zu hohen Grundwasserstandes, felsigen Terrains u. s. w.), ist eines der Abfuhrsysteme angezeigt. Ferner kommen letztere in Betracht bei zerstreut liegenden Häusern, geringer oder nur zeitweise stärkerer Bewohnung (Sommerquartiere) und bei öffentlichen Anstalten (Krankenhäuser, Asyle), in denen leicht eine gute Beaufsichtigung der Anlagen durchzuführen ist. Je nachdem es wünschenswerth erscheint, einen Theil der Abwässer mit aufzunehmen oder gar Wasserspülung der Closets anzubringen oder aber sich ausschliesslich auf die Fäkalien zu beschränken; ferner je nach den lokalen Gelegenheiten zur Abfuhr und zum Absatz der Abfallstoffe ist bald dem Tonnensystem, bald dem Grubensystem, letzterem eventuell mit Einschaltung von Klärvorrichtungen, der Vorzug zu geben.

---

2. Schwemmcanalisation.

Fast die gesammten Abfallstoffe, alle Fäkalien, das Haus- und Küchenwasser und das Meteorwasser werden bei der Schwemmcanalisation in unterirdischen Canälen gesammelt, und die entstehende dünnflüssige, eventuell durch Wasserzusatz noch weiter verdünnte Masse wird durch natürliches Gefälle rasch aus dem Bereich der Wohnungen fortgeführt. Schliesslich gelangt der Canalinhalt entweder direct in einen Fluss, oder es wird vorher eine Reinigung des Canalwassers eingeschaltet. Zunächst ist dementsprechend die Anlage der Canäle, sodann die Beseitigung des gesammelten Canalwassers zu besprechen.

a) Anlage und Betrieb der Canäle.

Der Untergrund der Stadt wird von einem Netz von Canälen aus dichten, innen glatten Wandungen durchzogen, welche sich mit natürlichem Gefäll nach einem grossen Sammelcanal hinziehen. Die Anfänge des Netzes liegen in den Ausgussöffnungen in Küchen und Waschküchen, in den Closets u. s. w.; ferner in den Abführungen für das Strassenwasser und in den Regenrohren. Von da confluiren die kleinen Anfangscanäle in grössere Strassencanäle, die sich schliesslich zu mehreren Hauptcanälen vereinigen.

Es muss durchaus darauf gerechnet werden, dass eine rasche und vollständige Entfernung der Abfallstoffe stattfindet. Daher ist gutes Gefälle nöthig und möglichst reichlicher Wassergehalt der Canaljauche, so dass sie sehr dünnflüssig ist und sich rasch fortbewegen kann. In Städten ohne Wasserleitung sind die Abwässer fast immer zu concentrirt und fliessen zu langsam. Gewöhnlich werden daher Canalisation und Wasserleitung neben einander projectirt und angelegt. Sie bedingen sich gegenseitig; ohne Canalisation keine Wasserleitung und ohne Wasserleitung keine gute Schwemmcanalisation. — Ausserdem ist die Verdünnung durch Meteorwasser nur erwünscht und muss bei regenarmer Zeit durch künstliche Wasserspülung ersetzt werden.

Zunächst sind eine Reihe von Vorarbeiten auszuführen. Es muss ein Nivellement der Bodenoberfläche und der einzelnen Bodenschichten aufgenommen werden; die Grundwasserverhältnisse müssen studirt, die Bodentemperaturen kennen gelernt werden. Ueber die Regenmengen, den Abfluss und die Verdunstung des Regens, dann über die Dichtigkeit der Bewohnung, den Verbrauch an Hauswasser, die wahrscheinliche Zunahme der Bevölkerung u. s. w. müssen Erhebungen veranstaltet werden. Schon diese Vorarbeiten gewähren durch das Sammeln wichtigen Materials hygienischen Vortheil.

Die Disposition der ganzen Anlage wird verschieden behandelt. In früherer Zeit und in englischen Städten kannte man nur eine centrale Disposition. An einer Stelle der Peripherie kommt dann der Sammelcanal heraus; die Anfänge des Systems liegen in den anderen Theilen der Peripherie und die Canäle wachsen allmählich, je mehr sie bebaute Theile durchsetzen. — Daraus resultiren aber Nachtheile; erstens sehr lange Canäle, bei denen dann oft nicht das genügende Gefälle gegeben werden kann, wenn man nicht die Enden zu tief legen will. Nur bei kleineren Städten, oder solchen mit starker Neigung des Terrains fällt dies Bedenken fort. — Zweitens sind die Anfangscanäle schwer richtig zu bemessen. In der Peripherie findet gerade das Wachsthum der Stadt, unberechenbar in welchem Umfange, statt. Dabei aber darf man auch wieder von Anfang an keine zu grossen Canäle projectiren, weil diese eine schlechte Fortbewegung des Inhalts veranlassen und kostspielig sind. — Daher ist es bei centraler Anordnung unausbleiblich, das oft Umbauten, Erweiterung zu eng gewordener Canäle u. s. w. erfolgen.

Besser ist Decentralisation der Anlage. Entweder kann man verschiedene Radialsysteme einrichten (wie in Berlin). Die Anfänge der Canäle

liegen dann im Centrum der Stadt, in der Peripherie dagegen sind grosse Stämme, die leicht einer Erweiterung der Stadt sich anpassen. Jedes Radialsystem kann bis zu Ende getrennt behandelt werden; oder es werden mehrere schliesslich in einen Hauptstrang vereinigt.

Oder, wenn einzelne Theile der Stadt sehr verschiedene Höhenlage haben, werden diese Theile dementsprechend getrennt behandelt (Parallelsystem, z. B. in Stuttgart, München, Wien).

Material der Canäle. Bei den engeren (unter 0·5 m Durchmesser) benutzt man hartgebrannte, innen glasirte Thonröhren. Eisenrohre werden zu leicht angegriffen. Je zwei Rohre werden durch Muffen mit Schraubengängen verbunden; die Dichtung erfolgt mit getheerten Hanfstricken oder mit Thon. Die grösseren Canäle sind aus Backstein und Cement gemauert. Die Seitentheile kommen nur bei starken Regengüssen mit der Canaljauche in Berührung, die Hauptsache ist daher das Sohlenstück. Dasselbe ist absolut undurchlässig aus Steingut oder Beton hergestellt, oder man verwendet sogenannte Blocks, d. h. Mauerkörper aus Ziegel und Cement. Das Sohlstück ist gewöhnlich durchzogen von kleinen kantigen Canälen (*a* in Fig. 137), die am Ende der Leitung offen enden und zur Drainage des Grundwassers dienen. Neben den Canälen wird eine Kiesschüttung angebracht, welche gleichfalls drainirend wirkt; häufig legt man in die Kiesschicht noch besondere Drainröhren (*b*, Fig. 137).

b

Fig. 137. Canalprofil.
a Offene Canäle des Sohlenstücks. *b* Drainröhren in der Kiesschüttung.

Völlig dicht sind die Canäle selten. Etwas Einsickern von Grundwasser resp. Durchsickern von Jauche kommt gewöhnlich vor. Aber nachweislich kommt es nicht zu stärkerer Bodenverunreinigung. — Die Tieflage der Canäle schwankt im allgemeinen zwischen 1·5 und 6·5 m; in Städten, wo auch das Abwasser aus allen Kellerwohnungen aufgenommen werden soll, bis zu 10 m. Oft liegt der grössere Theil im Grundwasser. Damit kommt dann vielfach eine dauernde Senkung des Grundwasserspiegels und eine geringere Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten zu Stande; bei starker Grundwasseransammlung ist aber kein solcher Effekt zu merken (Berlin).

Die Weite der Canäle richtet sich nach den zu bewältigenden Wassermassen. Die bedeutendsten werden zweifellos durch die Nieder-

schläge geliefert. Soll aber jeder Regen, auch der stärkste Platzregen, vollständig Aufnahme in den Canälen finden, so resultiren solche Dimensionen für die Canäle, dass dieselben sehr theuer werden und ausserdem für gewöhnlich eine schlechte Fortbewegung des relativ geringfügigen Inhalts leisten. — Richtiger ist es daher, wenn man die Canäle nur auf Abführung der mittleren Regenmengen und des Hauswassers zuschneidet. Man berechnet zu dem Zweck die Bevölkerungsdichte pro Hektar und schlägt den Wasserconsum, und also auch die Menge des Abwassers, zu 150 Liter pro Kopf an; im Mittel macht dies pro Hektar 1—1·5 Liter pro Sekunde. Dazu kommen dann durchschnittlich circa 3 Liter pro Sekunde abzuführendes Regenwasser.

Was soll aber alsdann mit den grösseren Regenmengen geschehen? Oft fällt das 20fache der hier veranschlagten Menge, von der allerdings höchstens $^1/_3$ in die Canäle gelangt, für die aber doch zweifellos die Capacität der Canäle nicht ausreicht. — Für diesen Fall treten sogenannte Nothauslässe (Regenauslässe) in Funktion, d. h. breite, flache Canäle, welche aus dem obersten Theil der Strassencanäle mit gutem Gefäll direct zum nächsten Wasserlauf führen, und die das Canalwasser erst aufnehmen und ableiten, nachdem es bis zu jenem abnormen Niveau, in welchem die Anfänge der Nothauslässe liegen, gestiegen ist. Man nimmt an, dass dies Arrangement keinen Bedenken unterliegt, weil unter solchen Verhältnissen der Canalinhalt immer sehr verdünnt und zu gleicher Zeit die Wassermenge des Flusses gross ist.

Gewöhnlich beginnen die Canäle mit 0·23 m Weite und steigen durch 5—6 verschiedene Abstufungen bis 1·7 m. Selten findet man grössere Dimensionen (in London 3·5, in Paris sogar bis 5·6 m).

Das Profil der Canäle ist bei den kleineren rund, bei den grösseren eiförmig (Fig. 137). In grossen runden Canälen kommt es leicht zu einer trägen Fortbewegung und zu einer Durchsetzung des ganzen Rinnsals mit hemmendem Schlamm. Bei der Eiform lagern sich die Schlammtheilchen an der tiefsten Stelle der Rinne ab und darüber kommt ein reger Fluss der Canaljauche zu Stande.

Das Gefälle soll bei Hausleitungen 1:50, bei kleinen Canälen 1:200 bis 300, bei grösseren 1:400—500, bei den grössten 1:1500 betragen. — Die Geschwindigkeit des Stromes ist dann 0·75 m pro Sekunde oder 2·5 km pro Stunde. Dabei sollen auch alle festen Theile, die naturgemäss in die Canäle gelangen, mit fortbewegt werden.

Stossen die Canäle auf einen Strom, so wird ein sogenannter Düker eingerichtet, eine Art Syphon aus eisernem Rohr, der im Flussbett liegt. In demselben kommt es zuweilen zu Stauungen, die aber durch kräftige Spülung zu beseitigen sind.

Eine Spülung der Strassencanäle ist erforderlich, wenn die Dimensionen etwas zu gross gewählt werden mussten, wenn längere Zeit

stärkere Niederschläge gefehlt haben und wenn stellenweise schlammreichere Abwässer aus Fabriken u. s. w. in die Canäle gelangen. Die Spülung geschieht z. B. dadurch, dass in einzelnen Canälen eiserne Thüren (sogenannte Spülthüren) geschlossen und nach genügendem Anstau des Canalwassers plötzlich wieder geöffnet werden; oder das Wasser aus Flüssen, Teichen oder aus den Hydranten der Wasserleitung wird zur Spülung verwandt. Auch automatisch wirkende Spülungen lassen sich einrichten.

In die Canäle führen von der Strasse aus die Strassenwassereinläufe und die Einsteigschachte; von den Häusern aus die Fallrohre der Closets, die Rohre für die Hauswässer und die Regenrohre.

Die Einläufe für das Strassenwasser liegen meist in den Rinnen neben dem Trottoir, ausserdem auf Höfen u. s. w.; sie sind durch einen Rost von Eisenstäben bedeckt. Da das Strassenwasser viel Sand und Schlamm mitführt, so wird unter dem Einlauf ein Schlammkasten oder Gullie angebracht, von etwa 1 cbm Inhalt. Ungefähr 1 m oberhalb des Bodens des Gullies befindet sich der Ablauf, der syphonartig nach oben gekrümmt ist, damit die Canalluft nicht durch den Gullie auf die Strasse entweichen und die Passanten belästigen kann. Von Zeit zu Zeit müssen die Gullies geräumt werden, da deren Ablauf sich verstopft, wenn der Schlamm zu hoch ansteigt.

f

Fig. 138. Profil einer canalisirten Strasse.
a Einlauf für das Strassenwasser. *b* Gullie mit heraushebbarem Schlammkasten. *c* Ueberlauf in den Strassencanal. *d* Strassencanal. *e* Sohlenstück. *f* Einsteigschacht. *g* Durchlochter Deckel.

Die Einsteigschachte (Mannlöcher) gehen vom Fahrweg vertikal nach abwärts, sind so weit, dass ein Mann hindurchkriechen kann, und an den Wänden mit Steigeisen versehen. Sie sind in 60—200 m Entfernung von einander angebracht, hauptsächlich an den Strassenecken. Sie dienen 1) zur Revision und Reinigung. Auch die nicht

besteigbaren Canäle müssen sich von einem Mannloch bis zum anderen mit Lampen und eventuell mit Hülfe von Winkelspiegeln übersehen lassen. Von dort aus findet auch die Spülung mittelst der Hydranten statt. 2) Zur Aufnahme und Beseitigung der Sinkstoffe. Der Boden der Einsteigschachte wird häufig tiefer gelegt als die Sohle der Canäle; der unterste Theil des Schachts bildet dann ein kleines Bassin, in welchem Sinkstoffe sich ablagern. Von dort werden dieselben mittelst Eimern herausgeschafft. 3) Zur Ventilation der Canäle; die Deckel sind durchlöchert und gestatten der Canalluft den Austritt in's Freie. Einhängen von Kohlenfiltern, das hier und da zur Desodorisation der Canalluft versucht ist, scheint ohne nennenswerthe Wirkung zu sein.

Die von den Häusern kommenden Canäle münden in spitzem Winkel oder in flachem Kreisbogen in die Strassencanäle; ihr Gefälle beträgt 1:50 oder weniger; sie bestehen aus glasirten Steingutrohren oder aus innen und aussen asphaltirtem Eisenrohr. Ihr Durchmesser beträgt ca. 15 cm.

Ein Theil dieser Rohre beginnt in den Wasserclosets. Am Ende des Sitztrichters befinden sich entweder bewegliche Klappen oder Pfannen;

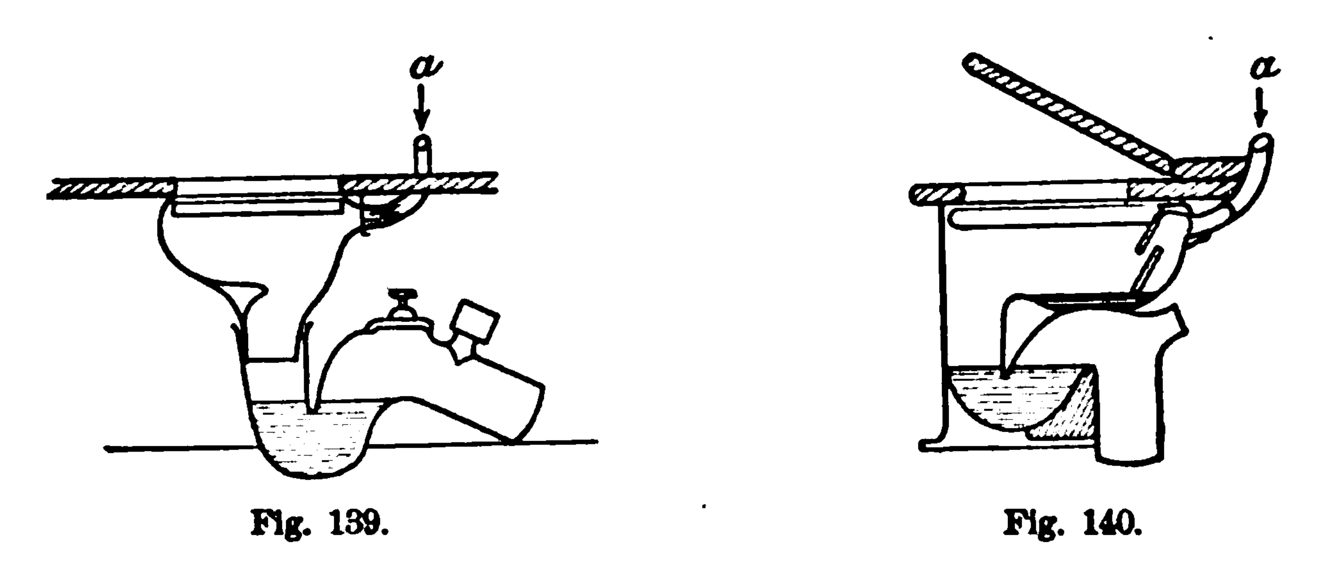


Fig. 139. Fig. 140.

unter den Klappen ist ein Sammelgefäss eingeschaltet und an dieses schliesst sich ein Syphon (ein ∽förmig gebogenes Stück, s. Fig. 139) des Fallrohrs an. Oder bei den neueren und besseren Einrichtungen ist das zu üblen Gerüchen Anlass gebende Sammelgefäss fortgelassen, und die Sitztrichter gehen direct in einen Syphon über (Syphoncloset, Fig. 139). Oder die Sitztrichter haben beckenartige Form und es ist die Einrichtung getroffen, dass immer ein Rest des Spülwassers im Becken stehen bleibt (Wash-out-Closet, Fig. 140); die Anordnung des Wasserzuflusses muss dann so sein, dass namentlich der Beckenboden kräftig ausgewaschen wird. — Zu beanstanden sind die in Schulen hier und da eingeführten Trogclosets, bei denen mehrere Closets in einen gemeinsamen, nur gelegentlich gespülten Trog führen. — Meist erfolgt die Spülung nicht direct aus der Leitung, sondern unter Einschaltung eines Spülbehälters, der sich automatisch wieder füllt. Die

Höhe der im Syphon als Verschluss dienenden Wassersäule darf nicht unter 2·5 cm betragen. — Das Fallrohr hat 10—14 cm Durchmesser, besteht aus asphaltirtem Eisen und soll nach oben bis über das Dach hinaus verlängert sein (s. S. 446).

Der Wasserzufluss zum Closet kann auch automatisch geregelt werden (durch das Oeffnen der Thür, das Niederdrücken des Sitzes u. s. w.). Jedenfalls muss eine reichliche Wassermenge zum Spülen gewährt werden, mindestens 5—10 Liter pro Tag und Kopf (pro Jahr kostet dieser Wasserconsum etwa 25 bis 50 Pfennige). Gegen die übel angebrachte Sparsamkeit der Hauswirthe, welche die Zuflussröhren zum Closet oft mit ganz engen Oeffnungen versehen lassen, ist mit Nachdruck einzuschreiten. — Eine zeitweise auszulösende kräftige Ventilation des Closetraums ist wünschenswerth, um während der Benutzung Gerüche zu verhindern; ausserhalb der Benutzung ist von gut angelegten Wasserclosets keinerlei Geruch zu merken. Die Ventilation muss selbstverständlich eine Aspirationsanlage sein, am besten mittelst Wasserventilators (H. Mestern, Berlin). Entweder wird ein besonderer Behälter mit 10 Liter Wasser benutzt, der sich nach kurzem Druck auf einen Hebel allmählich entleert und etwa 4 C.M. Luft nach aussen befördert; oder der Behälter ist so eingeschaltet, dass das ablaufende Wasser gleichzeitig das Closet spült.

Die Ausgüsse in den Küchen tragen ein unabnehmbares Gitter, welches gröberen Verstopfungen vorbeugen soll; dann folgt ein Syphon, dann ein Fallrohr von 5—8 cm Durchmesser. Letzteres wird nach oben über Dach geführt, nach unten gewöhnlich in den Hof geleitet und, da das Küchenwasser viel zum Reinigen benutzten Sand, ferner Fasern von Tüchern u. s. w. mit sich führt, lässt man es dort gewöhnlich in einem Gullie enden.

Die Regenrohre, welche das Meteorwasser von den Dächern sammeln, gehen am besten von der Hinter- und Vorderfront des Hauses in den oberen Theil der Strassencanäle.

Von mancher Seite ist viel Werth gelegt auf die Fernhaltung jeder Canalluft von den Häusern, weil man annimmt, dass die Canalgase infectiöse Krankheiten hervorrufen können. Die Unrichtigkeit dieser Annahme ist bereits oben (S. 442) betont. Eine infektiöse Wirkung der Canalgase kann um so weniger angenommen werden, als dieselben bei wiederholter Untersuchung meistens nahezu frei von Keimen gefunden wurden; die stets feuchten Wandungen der Canäle und Fallrohre machen eine Ablösung von Keimen unmöglich, und nur durch das Verspritzen an der Einmündung der Hausrohre u. s. w. können Tröpfchen entstehen, die in offenen Canalrohren weit fortgeführt werden. Auch hier werden dann aber nur die verbreitetsten Saprophyten mit einiger Wahrscheinlichkeit in Frage kommen; in der That gehörten die Keime, welche man in geringer Zahl häufig, selten

in grösserer Zahl in der Canalluft gefunden hat, niemals specifischen infektiösen Arten an, sondern den in der freien Luft stets beobachteten Bakterien, deren Gegenwart schon deshalb selbstverständlich ist, weil die Canalluft mit der freien Luft ausgiebig zu communiciren pflegt. Immerhin aber kommt durch die Canalgase eine Belästigung und eine Beeinträchtigung in der Aufnahme der Luft zu Stande; und dies genügt, um Vorkehrungen gegen ein Eindringen der Canalgase in's Haus wünschenswerth zu machen.

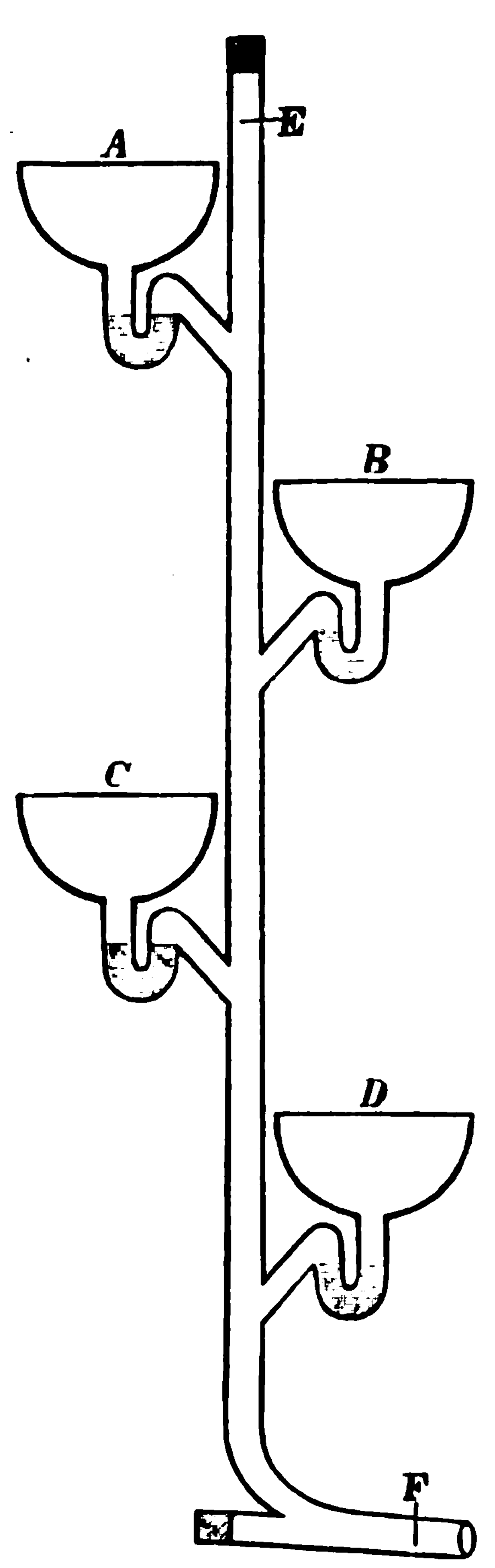


Fig. 141. Schema der Ausgüsse und Syphons eines Hauses.

Eine Fernhaltung der Canalgase vom Hause gelingt einmal durch Ventilation der Canäle. Communicationen der Strassencanäle mit der freien Luft bestehen a) durch die Einsteigschächte; b) durch die über Dach reichenden Closet-Fallrohre; c) durch die Regenrohre. Namentlich die letzteren bieten zahlreiche Auswege für die Canalluft, während die kleinen Oeffnungen der Einsteigschächte weniger in Betracht kommen. Je nach Windrichtung, Windstärke und Temperaturverhälnissen ist die Luftströmung bald in die Canäle hinein, bald aus denselben heraus gerichtet; die Geschwindigkeit der Strömung kann 0·5 m pro Sekunde und mehr betragen. Die angeführten Communicationen genügen aber vollkommen, um ein Einströmen der Canalluft in die Wohnhäuser zu verhindern. — Zuweilen hat man noch besondere Ventilationsthürme mit starken Kohlenfeuerungen zur Aspiration der Canalluft herangezogen, aber im Ganzen ohne entsprechenden Vortheil.

Zweitens ist der Eintritt von Canalgasen in's Haus durch die nahe der Mündung der Fallrohre angebrachten, mit Wasser stets gefüllten Krümmungen der Rohre, die sogenannten Syphons gehindert. Solche Wasserverschlüsse sind für die Canalgase so gut wie undurchlässig, da die letzteren sich nur sehr wenig in Wasser lösen, die Abdunstungsfläche für die geringfügigen gelösten Mengen klein ist und das abschliessende Wasser oft erneuert wird.

Allerdings kann bei schlechter Construction des Syphons der

Wasserverschluss gebrochen werden. Durch Eingiessen grösserer Wassermengen in den Syphon *A* (Fig. 141), die das Fallrohr vollständig füllen und beim Abstürzen hinter sich eine Art Vacuum erzeugen, kann entweder der Syphon *A* selbst leer gezogen werden; oder es wird eventuell ein anderer, an dasselbe Fallrohr angeschlossener Syphon *B* oder *C* entleert. Oft kommt es nur zu einer theilweisen Entleerung (*B* in Fig. 142); die abschliessende Wassersäule ist dann aber zu niedrig, um einem mässigen Ueberdruck von Gasen Stand zu halten. Nicht selten bleibt sogar so wenig Wasser zurück, dass eine ungehinderte Communication der Luft durch den Syphon besteht (*C* in Fig. 142).

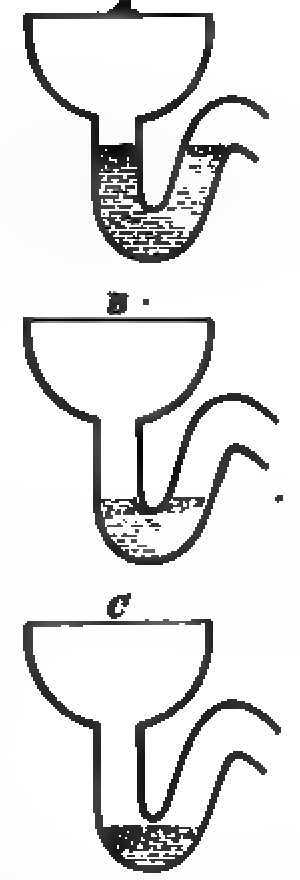


Fig. 142. Verschiedene Füllung der Syphons. *A* Normaler, gefüllter Syphon. *B* Geschwächter Syphon. *C* Leer gezogener Syphon.

Ein solches Leerziehen von Syphons tritt jedoch nur ein, wenn das Fallrohr abnorm eng und oben (bei *E*) geschlossen ist, und es kann mit Sicherheit dadurch vermieden werden, dass das Syphon- und Fallrohr weiter, die Eingussöffnung aber enger gemacht wird; ferner dadurch, dass man das Fallrohr offen über Dach enden lässt. Auch ein offenes Rohr (*d* in Fig. 143), welches vom Scheitel des Syphons in ein über Dach verlängertes Ventilationsrohr geführt wird, gewährt Schutz gegen dieses Absaugen des Verschlusses. — Eine andere Art der Entstehung von Insufficienz der Syphons ist die, dass die herabfallende Wassermasse vor sich die Luft stark comprimirt, dadurch den Wasserverschluss weiter unten gelegener Syphons (*C* und *D* in Fig. 141) bricht und dieselben dabei so weit entleert, dass kein ausreichender Abschluss mehr vorhanden ist. Es kann dies aber nur vorkommen, wenn das Entweichen der Luft aus dem Fallrohr gehindert ist, z. B. durch fälschlich angebrachte nochmalige Syphons vor dem Uebergang in die Strassencanäle; ausserdem nur bei engen, durch das Eingiessen völlig gefüllten Fallrohren. Erleichterung des Abflusses in die Canäle, weite Fallrohre oder auch die in Fig. 143 dargestellten, am Scheitel der Syphons angebrachten Luftrohre verhüten auch diese Insufficienz.

Fig. 143. Schutzvorrichtung an Syphons. *f* Fallrohr. *v* Ventilationsrohr. *d* Verbindungsrohr.

b) Beseitigung des Canalinhalts.

Die Zusammensetzung des Canalwassers ist im Mittel folgende:

	Milligramm in 1 Liter	
Gelöste Stoffe	700	1200
Suspendirte Stoffe	500	
Darunter organische		400

Werden die Fäkalien abgefahren, so macht das nach den zahlreichen, namentlich in England gesammelten Zahlen sehr wenig Unterschied; das Canalwasser enthält dann:

Gelöste Stoffe . . .	820 mg in 1 Liter
Suspendirte Stoffe . .	360 „ „ „ „

Dadurch, dass das reichliche Spülwasser der Closets fehlt, wird also der Gehalt der fäkalienfreien Canaljauche an gelösten Substanzen sogar etwas erhöht, und nur die suspendirten Stoffe werden durch das Fehlen der Fäces um ein Geringes vermindert.

Abwässer aus Fabriken können eine wesentlich abweichende Zusammensetzung des Canalinhalts bewirken. Die aus Färbereien, Wollmanufakturen, Gerbereien, Papierfabriken u. s. w. stammenden Abwässer zeigen meist einen 5 bis 10 mal höheren Gehalt an festen Bestandtheilen, als der durchschnittliche Canalinhalt (s. Kap. IX).

Der Canalinhalt ist somit für gewöhnlich viel zu dünn, um etwa transportirt und als Dünger benutzt zu werden, und von jeher hat man dementsprechend zunächst daran gedacht, denselben ohne weitere Verwertung los zu werden durch

Einlauf in die Flüsse.

Daraus entsteht häufig eine nicht unbedenkliche Verunreinigung der Flüsse. Man hat in dieser Beziehung zahlreiche schlechte Erfahrungen gemacht; in London war die Themse, in Paris die Seine derart durch Canalwasser getrübt und gab zu solchen Gerüchen Anlass, dass die Anwohner weit hinaus auf's Aeusserste belästigt wurden; die Fische starben ab, irgend welche Benutzung des Wassers zum Waschen, Baden u. s. w. war unmöglich. Gleiche Beobachtungen wurden in Frankfurt a. M. gemacht. Die kolossalsten Grade von Verunreinigungen sind in den Industriebezirken Englands vorgekommen. Uebrigens waren hier — wie überhaupt bei der Flussverunreinigung — die Fabrikabwässer weitaus am stärksten betheiligt.

In erster Linie sind es die suspendirten, sog. Sinkstoffe, die das Wasser schon äusserlich verändern; sie führen zu Schlammablagerungen, in denen die Fäulniss immer weiter um sich greift, und die sich schliess-

lich so ansammeln, dass eine häufige Entfernung durch Baggern nöthig wird. — Ausser den Sinkstoffen führen die schwimmenden Stoffe (Papier, Ballen von Fäces u. s. w.) zu Belästigungen, indem sie sich leicht an Schiffen oder am Strauchwerk der Ufer ansetzen, namentlich wenn letztere flach sind und der Fluss einen gewundenen Lauf hat.

Die sanitären Bedenken einer solchen Flussverunreinigung liegen theils in der fortgesetzten Entwickelung von Fäulnissgasen, die sich aus den Schlammmassen entwickeln; theils in den Giften (Arsenik, Blei), welche in den Abfallstoffen der Fabriken und Hütten enthalten sein können; theils und hauptsächlich in den Infektionserregern, Typhus-Cholerabacillen etc., die zu Zeiten mit den Abfallstoffen in das Flusswasser gelangen. Dieselben können zahlreiche Infektionen veranlassen, wenn das verunreinigte Flusswasser als Trink- oder Wirthschaftswasser, zum Baden oder zur Wäsche benutzt wird.

Die Verdünnung, in welcher sich die Infektionserreger im Flusswasser befinden und welche eigentlich die Infektionschancen ausserordentlich herabmindern sollte, wird durch eine vielfache Benutzung durch Tausende von Menschen wieder ausgeglichen. Ausserdem sind Cholera- und Typhusbacillen unter geeigneten Bedingungen im Flusswasser wahrscheinlich vermehrungsfähig. Am ausgeprägtesten ist die gefährliche Rolle verunreinigter Flüsse in aussereuropäischen Ländern zu beobachten, z. B. beim Ganges, dessen stark beschmutztes und doch zu allen möglichen Zwecken benutztes Wasser zur Verbreitung der Epidemieen zweifellos viel beiträgt. Aber auch in Europa sind bis in die neueste Zeit Cholera- und Typhusepidemieen vorgekommen, welche auf den Genuss verunreinigten Flusswassers zurückzuführen waren.

Liegen allerdings längere Strecken hindurch keine Ortschaften am Flusse oder wird wenigstens das Wasser des Flusses von den Anwohnern nur wenig benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat sich auch ein gesundheitschädlicher Einfluss der Flussverunreinigungen nicht nachweisen lassen.

Auch volkswirthschaftliche Bedenken, namentlich die Beeinträchtigung der Fischzucht, lassen ein Einleiten des Canalinhalts in die Flüsse bedenklich erscheinen.

Es würde unrichtig sein, wollte man die Einleitung der Canaljauche in die Flüsse principiell für alle Fälle verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen: 1) von der Menge und Concentration der gelieferten Canaljauche, 2) von der Wassermenge des Flusses, 3) von dessen Stromgeschwindigkeit, 4) von der Ufergestaltung, dem Verlauf des Flusses und seiner Neigung, Ueberschwemmungen zu veranlassen und dabei die Unrathstoffe auf dem Lande zu deponiren, 5) insbesondere von der Bewohnung der stromab gelegenen Ufer

bezw. der Menge der Schiffer und von der Intensität der Benutzung des Flusswassers. Bezüglich des wichtigsten Punktes, der Benutzung des Wassers, ist der richtige hygienische Standpunkt jedenfalls der, dass aus den verschiedenen oben angeführten Gründen und namentlich deshalb, weil auch ohne Einleitung städtischer Abwässer die Flüsse verdächtige Zuflüsse in Menge durch Niederschläge erhalten (z. B. solche, welche gedüngte Aecker, Gräben u. s. w. abspülen), die Benutzung von Flusswasser überhaupt möglichst beschränkt werden sollte. Von diesem Standpunkt aus ist eine stärkere Inanspruchnahme der Flüsse für die Beseitigung von Abfallstoffen entschieden zulässig, und eine solche ist auch vom volkswirthschaftlichen Standpunkt aus wünschenswerth. Nur übertriebener, zu grobsinnlicher Belästigung führender Verunreinigung der Flüsse braucht dann entgegengetreten zu werden. — Das Verhältniss zwischen der Menge der Jauche und der Wassermenge kann geradezu verschwindend klein werden; in Paris ist dasselbe 1:13, in Frankfurt 1:900, in Biebrich-Wiesbaden 1:8000. In Paris würde demnach eine Einleitung der Canaljauche kaum statthaft sein, in Wiesbaden dagegen ist eine solche zulässig, wenn keine zum Absatz disponirenden Ufer im weiteren Verlauf auftreten, gutes Stromgefälle vorhanden ist und das Wasser auf der zunächst stromabwärts gelegenen Strecke nicht von Anwohnern oder Schiffern benutzt wird. Sicher ist eine unschädliche Verdünnung selbst eines infektiösen Canalinhalts erreichbar, derart, dass keinerlei Chancen mehr für Infektionen bestehen und dass schon längst keine stinkenden Gase mehr auftreten können. Es ist wichtig, diese Grenzen der unschädlichen Verdünnung genauer, als wir sie bis jetzt kennen, festzulegen. — Zu beachten ist übrigens noch, dass die Mischung der Jauche mit dem Flusswasser sehr langsam und zunächst immer nur mit einem Theil der letzteren erfolgt. Der Einlass von Abwässern ist daher immer möglichst in der Strommitte zu bewirken.

Allmählich tritt im Verlauf des Flusses eine Selbstreinigung ein, die bereits S. 201 näher charakterisirt wurde. Dazu kommt die Aufnahme von reinem Grundwasser und reineren Nebenflüssen, so dass nach längeren Strecken das Flusswasser in seinem chemischen Verhalten und in Bezug auf den Gehalt an saprophytischen Bakterien ungefähr wieder seine frühere Beschaffenheit zeigen kann; ob zu dieser Zeit auch die Infektionserreger verschwunden sind, resp. wie weit dieselben unter Umständen transportirt werden können, darüber ist noch nichts Sicheres bekannt.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird es den hygienischen und volkswirthschaftlichen Grundsätzen besser entsprechen, wenn eine gewisse Reinigung des Canalwassers vor dem Einfluss in die Flussläufe versucht wird.

Die Reinigung muss namentlich die suspendirten Stoffe und Schwimmstoffe organisirter Natur und die Infektionserreger betreffen, und zwar sind diese möglichst vollständig zu entfernen resp. zu tödten. Ferner sind auch die gelösten fäulnissfähigen Stoffe so weit zu beseitigen, dass nach dem Einlassen in den Fluss keine stärkere Geruchsentwicklung, Verfärbung oder Trübung (Verpilzung) mehr zu erwarten ist.

Eine derartige Reinigung ist ausführbar 1) durch Bodenfiltration

und Berieselung; 2) durch das sog. Oxydationsverfahren; 3) durch mechanische oder chemische Klärung bezw. Combination von beiden, event. verbunden mit Desinfektion.

Bodenfiltration und Berieselung.

Der Boden ist nach den Seite 177 gegebenen Ausführungen zur Reinigung der Canaljauche vorzüglich geeignet. Feinporiger Boden hält alle suspendirten Stoffe, Gase, fermentartige und eiweissartige Stoffe energisch zurück; dann entwickelt sich, sobald seine Poren stets oder zeitweise mit Wasser und Luft gefüllt sind, ein reges Bakterienleben und eine vollständige Mineralisirung des Stickstoffs und Kohlenstoffs.

Eine gute Reinigung der Canalwässer erfolgt mittelst intermittirender Filtration. 1 cbm Boden vermag etwa 40 Liter Canalwasser zu reinigen; also sind bei einer 2 m tiefen Schicht des Bodens für 100 000 Menschen nur etwa 20 ha Boden in Arbeit zu nehmen. Die Filtration erleidet jedoch öftere Unterbrechungen und Störungen, und zwar deshalb, weil schliesslich die obere Bodenschicht zu schwer durchlässig wird; sie verschlammt und muss von Zeit zu Zeit künstlich gelockert werden. Mindestens muss daher eine gute mechanische Reinigung (s. unten) das Canalwasser für die Bodenfiltration vorbereiten. — Ausserdem bleibt der Boden allmählich anhaltend feucht, es fehlt an lufthaltigen Poren, und die Nitrate häufen sich an; diese Umstände beeinträchtigen aber die fernere Mineralisirung. Derart übersättigter Boden liefert dann grosse Mengen stinkender Gase und ist für längere Zeit funktionsunfähig.

Diese Nachtheile werden vermieden, wenn man auf dem zur Reinigung benutzten Boden Pflanzungen anlegt. Die Pflanzen consumiren die Nitrate, sie lockern mit ihren Wurzeln die oberen Bodenschichten und bringen ausserordentlich viel Wasser zur Verdunstung. Dadurch machen sie ein Feld immer wieder geeignet zur Aufnahme und Reinigung neuer Jauche. Zugleich kann in dieser Weise leicht eine landwirthschaftliche Verwerthung des Stickstoffs und der Phosphorsäure der Jauche stattfinden. — Von diesen Gesichtspunkten hat man sich bei der sogenannten Berieselung leiten lassen.

In England sind Rieselfelder schon seit langer Zeit verbreitet; man findet sie dort bereits in etwa 200 Städten. In Deutschland sind sie in grösserem Maassstabe in Danzig, Breslau, Berlin ausgeführt, für viele Städte sind sie projectirt.

Entweder besteht die Berieselung nur in einer Art Bewässerung, wobei die Jauche oberflächlich über das Land wegläuft (vergl. das Eduardsfelder Verfahren, S. 448); besser aber ist es, die Jauche in

den Boden eindringen zu lassen und sie erst in gewisser Tiefe wieder abzuführen. Alsdann ist eine **Drainage** des Bodens unerlässlich. Die Drainröhren sammeln das durchgeflossene Wasser in Gräben und diese führen es schliesslich einem Wasserlauf zu. Unterlässt man die Drainage, so steigt das Grundwasser bald mächtig an und das Terrain versumpft. — Lehm- und humushaltiger Boden ist am geeignetsten. Bei zu starkem Lehmgehalt entstehen leicht Sprünge und Risse, die zu vollkommener Reinigung führen.

Die Berieselung entspricht durchaus den an ein vollständiges Reinigungsverfahren zu stellenden Anforderungen. Die suspendirten Stoffe und die Bakterien werden vollständig zurückgehalten. Die gelösten organischen Stoffe werden um 60—80 Procent, die anorganischen um 20—60 Procent vermindert. Ammoniak und Phosphorsäure bleiben beinahe ganz, Schwefelsäure wenig, Chlor fast gar nicht im Boden zurück. — Natürlich kann auch bei der Berieselung Uebersättigung des Bodens eintreten; es muss daher ein geordneter Betrieb eingehalten werden, zu welchem sehr viel disponibles Land gehört. Erfahrungsgemäss hat man für je 4—500 Menschen mindestens 1 ha zu rechnen. — Die Felder werden des Preises und der immerhin möglichen Ausdünstung wegen fern von der Stadt gewählt, jedoch nicht zu fern, weil sonst die Druckrohre zu lang und die Kosten für die Beförderung der Jauche zu hoch werden.

Die im Hauptcanal gesammelte Canaljauche wird zunächst in einen **Sandfang** geleitet. Dort sollen die Sinkstoffe sich ablagern; ausserdem ist ein Gitter zur Zurückhaltung schwimmender Stoffe angebracht. Die Sinkstoffe werden durch einen Lokomobilenbagger fortwährend herausgebaggert und demnächst abgefahren. Die so von den schwebenden Bestandtheilen gereinigte Canaljauche kommt dann in die **Pumpstation** und wird von dort mittelst starker Dampfmaschinen in ein eisernes Druckrohr gehoben bis zu einem Auslass, von wo die Jauche mit natürlichem Gefälle auf die Rieselfelder gelangen kann.

Gewöhnlich übernimmt von der Ausmündung des Druckrohres an ein offener oder gedeckter Canal die Weiterleitung der Jauche. Der Canal liegt auf einem Damm, der die Rieselfelder um einige Meter überragt. Alle 400 m sind in dem Canal Stauschützen angebracht, welche mittelst einer Schraubenvorrichtung auf- und niedergezogen werden können. Von diesem Hauptzufuhrcanal aus gehen dann seitlich Canäle ab auf die einzelnen Felder, und auch diese Abzweigungen können durch Stauschützen verschlossen werden.

Die **Felder** sind sorgfältig aptirt, sie sind gewöhnlich 80—90 m breit und 200—500 m lang, also Flächen von $1^1/_2$—4 ha. Sie zeigen eine doppelte Neigung, einmal der Länge nach mit einem Gefälle von 1:1000, zweitens von der in ihrer Mitte verlaufenden Längsachse nach den Seitenrändern zu mit einem Gefälle von 1:500. In der Längsachse liegt ein Graben, der wiederum von 50 zu 50 m mit Stauwehren versehen ist. Soll nun ein bestimmtes Feld be-

rieselt werden, so werden zunächst im Hauptzufuhrgraben die Schützen bis zu dieser Stelle gezogen, hinter der Stelle geschlossen; die bis dahin vorhandenen seitlichen Abfuhrcanäle werden ebenfalls geschlossen, so dass die ganze Wassermasse sich nur in den einen Seitencanal ergiesst, der nach dem betreffenden Felde führt. In dem Graben dieses Feldes wird dann zunächst die erste Schütze geschlossen; der Graben füllt sich bald, läuft an den Seiten über und in Folge der geschilderten Neigung des Terrains werden die beiden Seiten des vorderen Abschnitts des Feldes gleichmässig überfluthet. Dann wird die erste Schütze gezogen und die folgende niedergelassen; dass Wasser dringt nun um so viel weiter im Graben vor und überfluthet den nächsten Theil des Feldes, und so fort, bis das ganze Feld berieselt ist. Am Ende befindet sich gewöhnlich ein sogenanntes Auslassfeld, das tiefer liegt, als die Sohle des Grabens und schliesslich den Inhalt des Grabens aufnimmt.

Alle Felder sind durch Drainröhren drainirt, die in Abständen von 12 bis 25 m und am oberen Ende 1·3 m unter dem Niveau liegen. Sie münden in die Verzweigungen eines Entwässerungsgrabens, der schliesslich das gesammte gereinigte Canalwasser aufnimmt und dem Flusse mit natürlichem Gefälle zuführt.

Im Winter kann die Berieselung fortgesetzt werden, wenn das Canalwasser in einem geschlossenen Canal befördert wird, wo es hinreichend hohe Temperatur behält; andernfalls müssen grosse Staubassins angelegt werden, deren Boden nach der Entleerung bepflanzt wird.

Der Betrieb der Rieselfelder ist gewöhnlich in Händen eines Pächters. Gebaut werden theils Gras und Weiden, die im Frühjahr und Sommer berieselt werden müssen und ein dünnes Canalwasser verlangen, ferner Gemüse, Rüben, Tabak, auch Raps und Getreide, deren Felder im Herbst und Winter mit concentrirter Jauche berieselt werden.

Die Rieselfelder haben bisher überall, wo sie einigermaassen rationell betrieben wurden, gute Resultate ergeben. Nur da wo die Drainage unterlassen oder mangelhaft angelegt war, stellte sich eine Versumpfung, übler Geruch und auch wohl eine Disposition des Bodens zu Malaria her. Wo indess die Drainage vorschriftsmässig ausgeführt und keine übermässige Berieselung vorgenommen wurde, ist die Belästigung durch Gerüche unerheblich und beschränkt sich auf den nächsten Umkreis der Rieselfelder.

Besondere Aufmerksamkeit hat man der Frage der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch die Rieselfelder zugewendet.

Da in der Canaljauche eine gewisse Anzahl von Infektionskeimen stets enthalten ist und da keine baldige Vernichtung derselben im Boden erfolgt, so müsste man eigentlich erwarten, dass die Rieselfeldarbeiter, die doch in vielfache Berührung mit der frisch imprägnirten Erde kommen, Infektionen sehr ausgesetzt sind. Aber offenbar ist die Canaljauche auch schon ehe sie auf die Rieselfelder kommt, nicht so gefährlich, als vielfach angenommen wird. Die Canalarbeiter beschmutzen sich täglich mit Resten der Jauche oder der Sinkstoffe; die Arbeiter

am Sandfang sind fortgesetzt den Berührungen mit Sinkstoffen exponirt; und doch wird auch unter dieser Kategorie von Arbeitern durchaus kein häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten beobachtet. Diese relative Unschädlichkeit des Canalinhalts ist einmal auf die starke Durchmischung und Verdünnung des Inhalts zurückzuführen. Die einzelnen, concentrirten Infektionsquellen sind in dem Chaos von harmlosen Bakterien und anderen körperlichen Elementen vertheilt. Zweitens beruht die Ungefährlichkeit darauf, dass Berührungen der Schleimhäute nur in geringem Umfang und mit minimalen Bruchtheilen des Canalinhalts stattfinden. Selbstverständlich bestehen keinerlei Chancen dafür, dass in solchen kleinsten Partikelchen Infektionserreger enthalten sind. Dass hier und da Infektionen vorkommen, ist natürlich nicht ausgeschlossen. Aber dieselben repräsentiren Curiosa, die sich nicht gegen die hygienische Zulässigkeit der ganzen segensreich wirkenden Anlage in's Feld führen lassen. — Etwas anderes ist es, wenn ganze Bevölkerungen z. B. von einem mit der Canaljauche hochgradig verunreinigten Wasser vielseitigen Gebrauch machen, wenn Arbeiter das Drainwasser trinken u. s. w. Dadurch wird dann eine so ausgiebige Berührung mit der Canaljauche hergestellt, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit auch Infektionserreger aufgenommen werden.

Gegen die Rieselfelder wird neuerdings eingewendet, dass der Boden trotz aller Vorsicht bald verschlammt und den erwarteten Effekt nicht mehr leistet; daher ist der Ankauf immer neuer Terrains erforderlich. — Es weisen diese Erfahrungen aber nur darauf hin, dass auch bei der Benutzung von Rieselfeldern eine bessere vorgängige Entfernung der suspendirten und schwimmenden Stoffe als bisher versucht werden muss. Wird dieselbe unter Zuhülfenahme guter mechanischer Klärvorrichtungen bewirkt, so sind zur Befreiung des Canalwassers von den gelösten Stoffen und von den Resten der suspendirten Theile viel geringere Bodenflächen ausreichend; ja es kann, je sorgfältiger die Vorklärung geschieht, die Berieselung um so mehr der weit billigeren Form der Bodenfiltration genähert werden.

Viele Orte verfügen über kein geeignetes Terrain für Rieselfelder oder Bodenfiltration in der Nähe und sind aus diesem Grunde durchaus auf eines der folgenden Verfahren angewiesen.

Das Oxydationsverfahren (Biologisches Verfahren).

Das Oxydationsverfahren leitet sich her von den Erfahrungen bei der intermittirenden Bodenfiltration, welche in wechselsweiser Füllung der Bodenporen mit Abwasser und mit Luft besteht, und durch welche Frankland eine weitgehende Reinigung des Abwassers auch bezüglich

der gelösten Stoffe erzielt hat. Es lag der Gedanke nahe, den Process auf noch kleineren Raum zu concentriren und hier intensivere Wirkung zu beschaffen, dadurch dass Filter aus sehr grobporigem Material aufgebaut und nun intermittirend mit den Abwässern beschickt wurden, so zwar, dass nach Beendigung jeder Einstauperiode die Poren des Filters sich wieder mit Luft füllen.

Uebergänge zu den jetzt im grossen Maassstabe bewährten Verfahren bildeten z. B. Versuche, Filter aus Torf zu benutzen; oder aus einem in England eine Zeit lang verbreiteten Präparat Polarite, einer hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehenden schwarzen, porösen Masse in erbsengrossen Stücken. Die Abwässer wurden ehe man sie auf das Filter liess, einer Klärung in einem Klärbecken unter Zusatz von Ferrozone (vorzugsweise Thonerdesulfat) unterworfen. — Aehnlich ist das sogenannte „Blaustein"-Verfahren. Alle diese Methoden sind durch die neueren Oxydationsverfahren überholt.

Als das beste Material für den Filteraufbau hat sich Coks herausgestellt, in Stücken von etwa 7 mm Grösse. In Hamburg hat sich die zerkleinerte Schlacke des Müllverbrennungsofens in Stücken von 3—7 mm bewährt; auch zerschlagene Ziegel sind benutzbar. Wenig geeignet ist Kies. Die Höhe der Filter beträgt 1—1·5 m.

Fast stets erfolgt die Beschickung der Filter intermittirend; das eingestaute Abwasser bleibt 1—2 Stunden im Filter; dann wird das Abwasser abgelassen und die Poren des Filters werden dabei mit Luft vollgesogen. Nach einigen Stunden kann wiederholte Beschickung erfolgen; doch leidet die Aufnahmefähigkeit des Filters durch zu rasche Folge. — Wichtig ist eine gewisse Einarbeitung jedes Filters für seine Leistung. Im Anfang ist der qualitative Reinigungseffekt immer gering; er bessert sich stetig, bis es schliesslich quantitativ im Stich lässt. Die Filterporen zeigen sich gegen Ende mit einem feinen Schamm erfüllt, von dem das Filter durch Reinigung befreit werden muss.

Statt der intermittirenden Beschickung ist namentlich in England auch wohl continuirliches Aufbringen von Abwasser versucht; dies muss aber dann in Regenform geschehen und in solcher Weise, dass die Poren des Filters immer theilweise lufthaltig bleiben; oder es muss Pressluft in die Filterporen eingetrieben werden.

Die Wirkung der Filter, der sog. „Oxydationskörper", beruht in erster Linie auf Flächenabsorption gegenüber den gelösten organischen Stoffen einerseits und dem Sauerstoff andererseits. Je grösser die Oberfläche der Filterelemente im gleichen Volum ist, um so besser ist die Wirkung; in sofern würde feinkörniges Material den Vorzug verdienen, doch sind hierin durch die nothwendige Rücksichtnahme auf die quantitativen Leistungen Grenzen gezogen. Der günstigere Effekt des

„eingearbeiteten" Filters beruht auf der Anhäufung organischer Stoffe von hohem Absorptionsvermögen. Die absorbirten fäulnissfähigen Stoffe verfallen dann Verwesungsprocessen, die um so energischer ausfallen, je mehr bakterienhaltige zersetzungsfähige Substanzen angehäuft werden und je leichter Sauerstoff zutritt (DUNBAR).

Die modernen Oxydationsverfahren theilen sich in zwei Kategorieen, je nachdem die Abwässer frisch (DIBDIN) oder nach vorherigem Passiren eines Faulraums (CAMERON-SCHWEDER) auf die Filter gebracht werden.

Beim DIBDIN'schen Verfahren ist eine forgfältige Befreiung von Schwimm- und Schwebestoffen nöthig, die sonst die Poren des Oxydationskörpers bald verstopfen würden. Aehnlich wie vor der Berieselung oder Bodenfiltration, nur noch sorgfältiger sind daher auch hier Schlammfänge und andere Einrichtungen zur mechanischen, eventuell auch chemischen Vorklärung anzubringen. Die Reinigung im Oxydationsfilter geht um so besser von statten, eine je gleichmässigere und homogenere Flüssigkeit die aufgebrachten Abwässer darstellen.

Beim SCHWEDER'schen Verfahren soll in einer Art Schlammfang ausser dem mechanischen Absetzen der Schlammmassen noch durch bakterielle

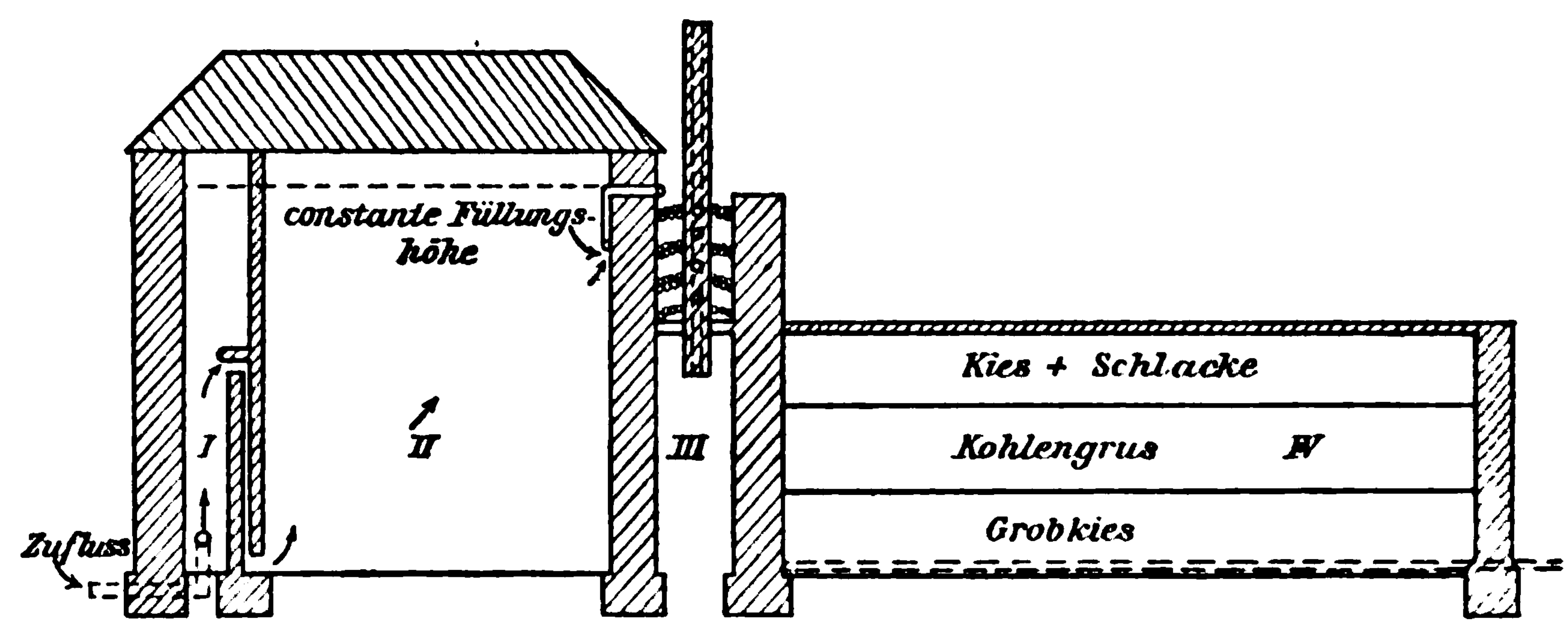


Fig. 144. SCHWEDER'sches Verfahren.

Einwirkung eine theilweise Lösung der suspendirten organischen Stoffe vor sich gehen, und das weniger fäulnissfähige Material soll in diesem Faulraum so vorbereitet werden, dass es der Verwesung im Oxydationskörper leichter unterliegt. — Früher hat man für den Faulraum völligen Luftabschluss, also günstigste Bedingungen für Anaërobiose herzustellen versucht; dies ist kaum erforderlich, da in den tieferen Flüssigkeitschichten ohne Weiteres anaërobe Gährungen begünstigt werden. Auch hat man wohl versucht, rein cultivirte, besonders geeignete Bakterienarten absichtlich zuzusetzen; aber bisher ohne deutlichen

Erfolg. Ein Theil des Schlamms scheint in der That durch diese Gährungen verzehrt bezw. löslich zu werden; auch die sonstige biologische Vorbereitung des Materials im Faulraum erscheint zweckmässig; nur kommen die Abwässer in viel stärker riechendem Zustand auf die Filter, so dass hier eventuell Schutzmaassregeln angewendet werden müssen. — Zwischen Faulraum und Oxydationsfilter wurde früher noch ein „Lüftungsraum" eingeschaltet, der nach neueren Erfahrungen indess nicht unbedingt nöthig ist.

Theilweise ist das Princip des biologischen Verfahrens auch in andere Reinigungsmethoden, namentlich solche für industrielle Abwässer, hineingenommen, so in das Proskowetz'sche Verfahren (s. Seite 550).

Die Urtheile über die Resultate des Oxydationsverfahrens lauten von Jahr zu Jahr günstiger. Die Beseitigung der gelösten fäulnissfähigen Substanzen gelingt so vollständig, dass das ablaufende Wasser zu keinen Belästigungen mehr Anlass geben kann. — Als Nachtheil des Systems gegenüber der Berieselung ist anzuführen, dass die Bakterien und etwaigen Krankheitserreger nicht beseitigt oder abgetödtet werden. Ferner ist die Ansammlung des Schlamms durch das Vorklären bedeutender als bei den Rieselfeldern, weil die Klärung sorgfältiger gehandhabt werden muss. In sofern ist die theilweise Vergährung des Schlamms durch den Schweder'schen Faulraum ein zweifelloser Gewinn.

Mechanische und chemische Klärung.

Mechanische Klärung ist, wie im Vorstehenden mehrfach betont ist, als vorbereitende Maassregel bei allen Reinigungsmethoden erforderlich. Je nach dem beabsichtigten Effekt werden dabei sehr verschiedene Abstufungen eingehalten.

Das Mindestmaass einer mechanischen Vorklärung leisten die Seite 468 beschriebenen Sand- oder Schlammfänge für die suspendirten Stoffe und einfache Eintauchplatten für die schwimmenden Stoffe. — Bessere Ausbeute erzielt man einerseits durch Gitter und Rechen,

Fig. 145. Riensch's selbstthätige Rechen.

andererseits durch Klärbecken. Von RIENSCH sind Rechen (Fig. 145) angegeben, deren Zwischenräume verschieden breit sind (3—30 mm) und mit denen je nach Bedarf die gröbsten, mittleren oder feineren Schlammtheile continuirlich abgefangen werden können (b); durch Bürsten und Kämme wird automatisch der Schlamm von den Rechen auf ein sog. Transportband (d) und durch dieses auf Wagen verladen. — Eine andere Anlage von RIENSCH besteht in Klärbrunnen mit einer oder mehreren Säulen von Klärschirmen, die in Abstand von ca. 7 cm über einander angebracht sind.

Sehr erfolgreich ist das Einleiten der Abwässer in Klärbecken, in denen durch Erweiterung des Querschnitts starke Verlangsamung der Strömung und dadurch ein Ausfallen der suspendirten Theile zu Stande kommt; die Geschwindigkeit soll bis auf etwa 6 mm pro Sekunde absinken.

In Kassel (s. Fig. 146 a u. b.) sind unter Fortlassung aller Abfangeinrichtungen mehrere Klärbecken von 40 m Länge, 4 m Breite und 3·5 m Tiefe eingerichtet; nach der Füllung wird jedes Becken einige Stunden abgesperrt und in Ruhe belassen; der oberste Theil des Wassers wird dann in den Fluss geleitet, die nächste Schicht kommt in einen Rücklauf und muss nochmals ein Becken passiren; die unterste Schlammmasse wird durch eine Rechenvorrichtung auf der schrägen Sohle des Beckens an der Vorderwand aufgehäuft und von da mittelst Vacuumapparats nach dem Schlammlager geführt. — Die Resultate scheinen sehr günstig zu sein.

Mit einer derartigen mechanischen Klärung kann man namentlich da ausreichen, wo die Verhältnisse des aufnehmenden Flusses günstig liegen (relativ grosse Wassermenge, gute Vorfluth, geringe Benutzung). Ist vollständigere Reinigung und auch Beseitigung der gelösten fäulnissfähigen Stoffe erforderlich, dann muss Bodenfiltration oder Oxydationsverfahren der mechanischen Klärung folgen.

Zur chemischen Klärung benutzt man die auch für kleinere Abwässermengen benutzten, S. 453 bereits aufgeführten Präparate; besonders Aetzkalk, Thonerde- und Eisensalze. Stets verbindet man mit der chemischen Klärung bis zu einem gewissen Grade die mechanische; entweder werden Klärbecken angelegt, in denen das Canalwasser zu sehr langsamer Strömung oder zur Stagnation gezwungen wird, nachdem es vorher mit geeigneten, Niederschläge hervorrufenden Chemikalien versetzt ist. Oder man richtet aufsteigende Filtration ein; das mit Chemikalien versetzte Wasser lässt man zu dem Zwecke am Boden von Gruben oder stehenden Cylindern eintreten und dann oben abfliessen, so dass das aufsteigende Wasser die herabsinkenden Schlamm- und Niederschlagmassen passiren und gerade dadurch einer vollständigeren Klärung unterliegen muss. — Die schwimmenden Massen,

b
Fig. 146 a.

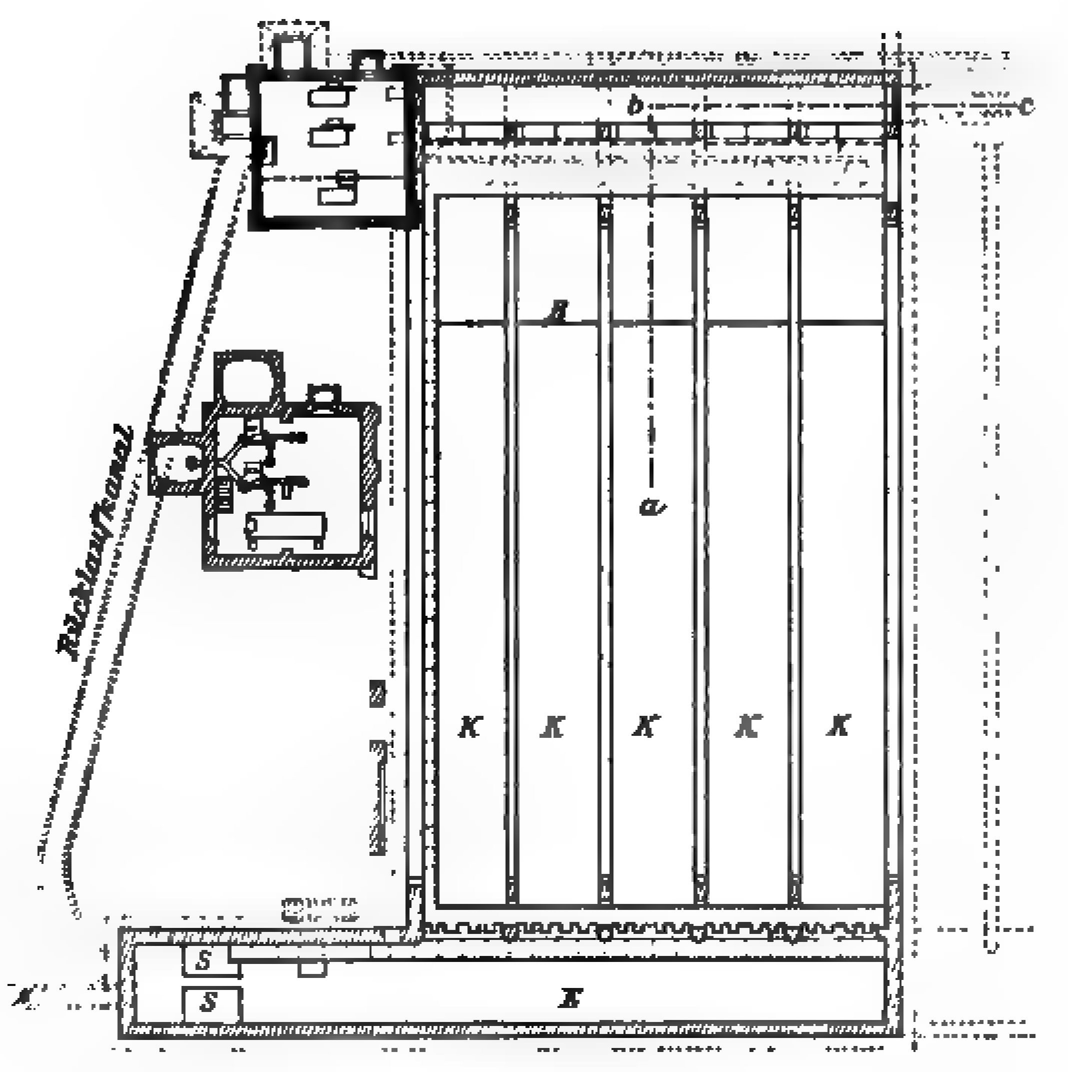


Fig. 146 b. Kasseler Kläranlage.

Papier u. s. w. und ebenso die gröberen Sinkstoffe, Sand u. s. w. müssen vorher durch Sandfänge abgeschieden werden.

Als Beispiel der ersten Methode sei die Anlage in Frankfurt a. M. angeführt. Der Hauptcanal mündet zunächst in einen runden Sandfang; darauf folgt eine Mischkammer, in welcher die Wässer mit den Chemikalien, und zwar mit Kalk und Thonerdesulfat, durch Rührwerke gemischt werden. Von hier gelangen dieselben in die sogenannte Zuleitungsgalerie, die erheblich weiter ist, als der Canal, so dass die Strömung etwa um das Zehnfache verlangsamt wird; und von dieser Galerie aus wird das Wasser in die eigentlichen Klärbecken geleitet. Die Sohle derselben ist so geneigt, dass die Wassertiefe allmählich von 2 bis zu 3 m steigt; dadurch kommt eine allmähliche Verlangsamung des Stromes zu Stande. Der Eintritt des Wassers in die Klärbecken erfolgt 5 cm unter dem Wasserspiegel durch breite, niedrige Schüttöffnungen. Nach dem Durchfliessen der Klärbecken tritt das allmählich von allen Sinkstoffen befreite Wasser in etwa 3 cm starkem Strahl über das Auslasswehr in die sogenannte Ableitungsgalerie und von dieser in den Main. — Die Klärbecken sind überwölbt, haben aber Licht- und mehrere Schachtöffnungen.

Die Entleerung der mit Schlamm gefüllten Klärbecken geschieht so, dass zunächst die Zufuhr zu dem einzelnen Klärbecken abgesperrt wird. Dann lässt man den wässerigen Inhalt schichtenweise in einen besonderen Entleerungscanal absaugen, darauf wird der dünnflüssige, am geneigten Ende angesammelte Schlamm abgepumpt und mittelst eines Dampfkrahns der feste Schlamm in Kübeln zu den Schachtöffnungen herausgewunden. Auf grossen Schlammlagerplätzen, die drainirt sind, lässt man den Schlamm dann so weit eintrocknen, bis er stechbar geworden ist. Ferner sind im Maschinenhaus Filterpressen vorgesehen, um die letzten Reste Wasser auszupressen und den Schlamm transportfähig zu machen.

Eine sehr übersichtliche Anlage, in welcher Klärbecken und aufsteigende Filtration combinirt sind, besteht in Wiesbaden (s. Fig. 147, 148). Dort ist erst ein System von vier Vorkammern eingerichtet, Gruben, in welchen aufsteigende Filtration stattfindet; gleichzeitig erfolgt dort eine innige Mischung mit den Chemikalien und ein allmähliches Absinken der Schlammtheile. Durch einen breiten, schmalen Ueberlauf tritt das so schon theilweise gereinigte Wasser in 3 Klärbecken, in welchen nunmehr völlige Klärung durch Absetzen stattfindet. Der Zusatz besteht nur in Kalk; die Mischung geschieht in zweckmässiger Weise durch ein Luftgebläse.

Als ein Beispiel ausschliesslich aufsteigender Filtration sei das System von Röckner-Rothe erwähnt. Dasselbe hat eine specifisch sinnreiche Einrichtung darin, dass ein selbstthätiger Heber eingeführt ist. Ein 7—8 m hoher Cylinder Rothe'scher Thurm) oben geschlossen, unten offen, taucht in ein Bassin mit dem zu reinigenden Wasser (Fig. 149). Dieser Cylinder repräsentirt den einen Heberschenkel, der andere besteht in einem oben am Cylinder abzweigenden Rohre, das in ein etwas tiefer liegendes Bassin führt und dort unter Wasser endet. Oben auf dem Cylinder ist ein Verlängerungsrohr ($G—H$) angebracht, von welchem ein Rohr zu einer Luftpumpe geht. Durch die letztere wird die Luft im Cylinder beim Inbetriebsetzen so lange verdünnt, bis das Wasser über der Mündung des Ablaufrohres steht. Damit beginnt dann die Heberwirkung, welche anhält, so lange die Luftverdünnung dauert und so lange das Niveau im Abflussbassin tiefer steht als im Zuflussbassin (h).

Um das mit Chemikalien versetzte Canalwasser gleichmässig in dem Cylinder zu vertheilen, lässt man dasselbe einen Stromvertheiler passiren, der durch den ganzen Querschnitt des Bassins sich erstreckt. Derselbe ist dadurch hergestellt, dass von dem Einströmungsrohr Lattenstäbe in einem Winkel von etwa 30° nach abwärts gehen und jalousieartig mit queren Holzstäbchen verbunden sind. Der niedersinkende Schlamm fällt auf diesen Jalousientrichter,



Fig. 147. Situationsplan der Klärbeckenanlage in Wiesbaden.

das aufsteigende Wasser muss durch denselben hindurchtreten. Bei dieser Begegnung kommt dann eine sehr gründliche Reinigung zu Stande.

Noch zahlreiche andere Klärverfahren sind angegeben, die entweder durch den Umfang und die Art der mechanischen Klärung, die Reihenfolge der Proceduren oder durch die Chemikalien, die zugesetzt werden, von den beschriebenen Methoden abweichen.

Beispielsweise sei genannt: Das Verfahren von Müller-Nahnsen, bei dem als Chemikalien Kalk, Aluminiumsulfat und lösliche Kieselsäure (so dass

sich unlösliches Kalk-Aluminiumsilikat bildet) zugesetzt werden. Die Menge des Zusatzes wird der Menge des Abwassers automatisch angepasst. Das gemischte Wasser läuft durch enge Mauerschlitze in zwei tiefe Klärbrunnen, von deren spitz zulaufendem Grund der Schlamm fortwährend abgesogen wird, um im Maschinenhaus getrocknet und in Schlammkuchen verwandelt zu werden. Die seit vielen Jahren für einen Theil der Stadt Halle a/S. in Betrieb befindliche Anlage hat sich dauernd bewährt. — Beim HULWA'schen Verfahren besteht der Zusatz aus Eisen, Thonerde, Kalk und Magnesia nebst Zellfaser. Der

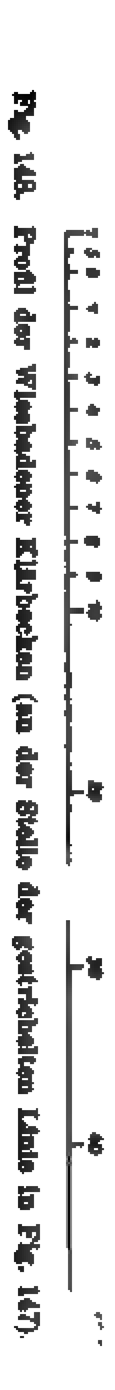


Fig. 148. Profil der Wiesbadener Klärbecken (an der Stelle der gestrichelten Linie in Fig. 147).

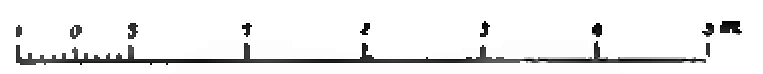


Fig. 149. Klärvorrichtung nach RÖCKNER-ROTHE.

Ueberschuss vor Aetzkalk soll eventuell durch nachträgliches Einleiten von Schornsteinluft beseitigt werden. — MAIRICH behandelt die mechanisch vorgeklärten Abwässer mit Pressluft, um die suspendirten Stoffe zu zertrümmern und ein homogeneres Wasser zu erhalten, das durch Zusatz von Kalk und Eisenchlorid in Klärbrunnen völlig gereinigt wird. Nach der Reinigung erfolgt nochmalige Luftbehandlung. Der Schlamm wird von den Landwirthen gern abgenommen.

Besondere Beachtung verdienen zwei neuere Verfahren: die in Leipzig eingeführte Eisenchloridbehandlung und das DEGENER-ROTHE'sche Verfahren. — In Leipzig werden pro Cubikmeter Canalwasser so viel Eisenchlorid und Eisensulfat zugesetzt, dass 50 g Eisenoxydhydrat entsteht; diese Menge kostet knapp 1 Pf. Durch das kohlensaure Ammoniak des Canalwassers entsteht ein feinflockiger Niederschlag von Eisenoxydhydrat, der Eiweisskörper, Phosphate, Spaltpilze fast vollständig fällt, daher nicht nur die Schwebestoffe, sondern auch einen grossen Theil der gelösten Stoffe beseitigt und ein nicht mehr fäulnissfähiges, fast keimfreies Wasser liefert. Allerdings entstehen sehr grosse Schlammmassen, die aber wenig riechen, und nicht Bakterien, sondern nur Fadenpilzen zur Wucherung dienen. In Leipzig hat man damit einen „Schlammberg“ hergestellt, von dem der hinaufgepumpte Schlamm langsam herabfliesst und dabei austrocknet.

Das DEGENER-ROTHE'sche Verfahren geht ebenfalls darauf hinaus, auch die fäulnissfähigen gelösten Stoffe zu beseitigen. Zu diesem Zweck werden kräftig absorbirende Humussubstanzen in Form von feinpulvriger Braunkohle zugesetzt. Nachdem die Absorption erfolgt ist, werden Eisenoxydsalze zugesetzt, welche mit den Humusstoffen unlösliche grossflockige Niederschläge geben, die alle feinen Schwebetheile der Jauche umhüllen. Die Trennung des gesammten Niederschlags von der klaren Flüssigkeit erfolgt dann ausserordentlich vollständig im ROTHE'schen Thurm (s. S. 476). Der Kohlezusatz beträgt ungefähr 1 Kilo Kohlenbrei auf 1 cbm Abwasser. Im Sedimentirthurm verweilt die Flüssigkeit etwa 2 Stunden. Der Schlamm kommt in Vacuum-Entwässerungsapparate und wird dort stichbar (60 % Wasser). Beim Lagern soll kein Geruch mehr auftreten. — Die Reinigung ist eine äusserst vollständige, das abfliessende Wasser giebt zu keinen Fäulnissprocessen Anlass. Bakterien sind jedoch reichlich vorhanden; sollen auch diese beseitigt werden, so ist nachträgliche Desinfektion des geklärten Abwassers erforderlich.

Die Leistungen der mechanischen und chemischen Klärung lassen sich dahin zusammenfassen, dass bei guten Wasser- und Vorfluthverhältnissen schon die mechanische Filtration, besonders in Form geeigneter Klärbecken, ausreichendes leistet. Die meisten che-

mischen Methoden bewirken nur wenig vollständigere Klärung; auf gute Einrichtungen zur mechanischen Klärung kommt es jedenfalls mehr an als auf die Wahl des chemischen Zusatzes.

Unter den chemischen Fällungsmitteln hat früher der Aetzkalk die hervorragendste Rolle gespielt. Abgesehen von seinen energisch präcipitirenden Eigenschaften hat man auch viel von seiner bakterientödtenden Wirkung erhofft. 1 pro Mille Aetzkali (oder Magnesia) tödtet Typhus- und Cholerabacillen in ca. $1^1/_2$ Stunde ab. Aber es ist sehr schwierig, diese Concentration zu erreichen, weil ein grosser Theil des Aetzkalks rasch ausgefällt wird; und andererseits nicht erheblich zu überschreiten, was der Kosten wegen, und wegen der Schädlichkeit kleiner gelöster Kalkmengen für Fische vermieden werden muss. Ausserdem ist der Schlamm der mit Kalk arbeitenden Anlagen ganz besonders ungünstig; er entwickelt üble Gerüche, sobald die Aetzkalkreste in Calciumcarbonat verwandelt sind, trocknet schwer und wird von den Landwirthen als ungeeignet verworfen, weil er das Ammoniak frei macht und dessen Abdunstung befördert.

Mit Recht bevorzugt man daher neuerdings Thonerde- und besonders Eisensalze u. s. w., bei denen die aufgezählten Missstände in geringerem Grade hervortreten.

Sehr wichtig ist die Erfahrung, dass die mechanisch und chemisch geklärten Abwässer bei ungünstigen Wasser- und Vorfluthverhältnissen noch zu Fäulnissprocessen Anlass geben können, weil die gelösten Stoffe nicht beseitigt sind, vielmehr bei Verwendung von Aetzkalk sogar noch eine Zunahme zeigen. In dieser Beziehung scheint nur der reichliche Zusatz von Eisenoxydsalzen, wie er in Leipzig geübt wird, und das Degener-Rothe'sche Kohlebreiverfahren Genügendes zu leisten, so dass sich deren Effekte mit den Wirkungen der Bodenfiltration und des Oxydationsverfahrens auf eine Stufe stellen lassen.

Die Beseitigung der Bakterien und eventuellen Krankheitserreger erfolgt durch keines der beschriebenen Systeme hinreichend vollständig. Ist eine solche erforderlich, so muss dauernd oder zeitweise eine gesonderte Desinfektion der Abwässer erfolgen, und zwar ist diese bei den bereits geklärten Abwässern zu appliciren, da in denselben die Krankheitserreger mit viel geringeren Mengen von Desinficientien abgetödtet werden, als in der ungeklärten Jauche. Die Desinfektion soll ferner nicht einer Sterilisirung gleich kommen und alle Sporen von Saprophyten vernichten; sondern es genügt, wenn nach der Desinfektion Repräsentanten der Coligruppe nicht mehr lebensfähig sind. In vielen Fällen wird es ausserdem genügen, wenn nur zeitweise, zu Epidemiezeiten und bei Abwässern bestimmter Gebäude, z. B. Kranken-

häusern, eine Desinfektion der Abwässer verlangt wird. — Als bestes und billigstes Desinficiens ist Chlorkalk ermittelt; 0,1 pro Mille bei 15 Minuten langer Einwirkung scheinen für gut geklärte Jauche völlig zu genügen; nur muss mit Rücksicht auf die Fische, die gegen Chlor sehr empfindlich sind, unter Umständen eine Neutralisirung mit Eisenvitriol der Desinfektion folgen. Der Preis für beide Chemikalien beträgt pro 1 cbm etwa 2,3 Pf.

Eine erhebliche Schwierigkeit verursachen bei den mechanisch-chemischen Klärungen oft die Schlammmassen, die etwa 3 pro Mille der Abwassermenge ausmachen und im Laufe der Zeit sich enorm häufen. Die offenen Schlammlager belästigen stark durch Gerüche; das Trocknen geht zu langsam von statten; eine landwirthschaftliche Verwerthung ist nicht überall durchzusetzen. Maschinelle Filterpressen haben sich bei kleineren Anlagen bewährt. Auch die Vermischung mit Hausmüll (Marburg) oder Strassenkehricht (Kassel) scheint gute Resultate zu geben. Beim DEGENER'schen Verfahren ist der Schlamm nach dem Trocknen mit oder ohne solche Zusätze besonders gut als Brennmaterial verwerthbar.

Auch ein Zusatz von Schwefelsäure (zur Bindung des Ammoniaks), Erhitzen auf 60°, dann Pressen in der Filterpresse und Extraktion von Fett soll ein landwirthschaftlich gut benutzbares Präparat geben (Roubaix).

Neuerdings werden Versuche gemacht, die Abwässer auf elektrolytischem Wege zu reinigen; auch diese Methoden kommen im Grunde auf chemische Klärung hinaus. Nach dem WEBSTER'schen Verfahren soll die Jauche einen Canal durchfliessen, in den Elektroden aus Kohle und aus Eisenplatten eingesetzt sind. Letztere werden unter Zuhülfenahme des Chlors der Abwässer in Eisenoxychlorid verwandelt, das mit organischen Substanzen unter Abgabe von Sauerstoff und Chlor, und unter Bildung von Eisenoxydhydrat zerfällt. Dieses wirkt kräftig präcipitirend. — HERMITE setzt dem Abwasser Meerwasser zu, in welchem vorher durch Elektrolyse freies Chlor entstanden war. Hierdurch soll wesentlich Desodorisirung und Sterilisirung erzielt werden.

Die aufgeführten Klärmethoden wirken oft vollkommener gegenüber concentrirteren Abwässern, wie sie namentlich bei den Separationssystemen und bei industriellen Etablissements vorliegen.

3. Die Separationssysteme.

Neuerdings wird statt der summarischen Canalisation vielfach eine Separation der einzelnen Abfallstoffe, eine getrennte Behandlung der Fäkalien, des Hauswassers und des Meteorwassers empfohlen. Die Abzweigung des Meteorwassers hat entschiedene Berechtigung. Die Dimensionen der Schwemmcanäle sind wesentlich auf die Regenwassermengen zugeschnitten; die Canäle würden sehr viel kleiner und billiger

angelegt werden können, wenn sie nicht eben die wechselnden Mengen Niederschläge aufzunehmen hätten.

Nun hat freilich das Meteorwasser bei den Schwemmcanälen eine äusserst wichtige Funktion: nämlich den Canalinhalt gelegentlich stark zu verdünnen und einen raschen Fluss der Canaljauche und ein Fortschwemmen schwererer Sinkstoffe zu veranlassen. — Aber diese Funktion leistet das Meteorwasser weder in idealer Weise, da es dieselbe in ganz unregelmässigen Zwischenräumen ausübt, noch ist es dabei als unersetzlich anzusehen.

Ein Ersatz kann einmal dadurch erreicht werden, dass von einem Fluss oder Teich oder von der Wasserleitung aus eine regelmässige, willkürlich regulirbare Spülung des nur für Fäkalien und Abwässer bestimmten Canalsystems eingerichtet wird. Die Canäle können dann schon einen wesentlich geringeren Querschnitt erhalten. — Oder aber die Fäkalien und Hauswässer werden in engen Canälen mit maschineller Unterstützung fortbewegt, welche die Spülung überflüssig macht.

Dann ist auch die definitive Beseitigung des nur aus Fäkalien und Hauswasser bestehenden Canalinhalts leichter. Für Berieselung ist die Masse allerdings zu concentrirt; der Einleitung des Canalinhalts in die Flüsse stehen entschieden Bedenken entgegen. Dagegen kann die Verarbeitung zu Poudrette versucht werden, wenn es sich nur um Fäkalien handelt; werden die Hauswässer mit aufgenommen, so ist mechanische und chemische Klärung, biologisches Verfahren und Desinfektion viel leichter durchführbar, weil die Masse der Abwässer soviel geringer und ihre Zusammensetzung viel gleichmässiger ist.

Das Regenwasser wird ober- und unterirdisch in möglichst direkter Weise und ohne vorherige Sammlung in den nächsten Wasserlauf geführt. Das erscheint fast überall unbedenklich, sobald man das Wasser von verdächtigen Höfen u. dergl. den Canälen zuführt; durch die Niederschläge gelangt zwar der ganze Strassenschmutz in den Fluss, aber das geschieht bei der Schwemmcanalisation periodisch, anlässlich jedes starken Regens durch Vermittelung der Nothauslässe auch, und zwar dann noch begleitet von wechselnden Antheilen Jauche.

Für die hygienische Beurtheilung kommt viel darauf an, an welcher Stelle die Trennung der Abfallstoffe vollzogen wird. Wie schon bei Besprechung der Abfuhrsysteme hervorgehoben wurde, ist es hygienisch unrichtig, die Fäkalien gesondert zu behandeln und die Hauswässer mit dem Meteorwasser zusammen oberflächlich abzuführen. Einzig richtig ist es, Fäkalien, Hauswässer, Meteorwässer von verdächtigen Höfen und Strassentheilen und differente Industrie-Abwässer einerseits zusammenzufassen und unterirdisch abzuleiten;

andererseits das Meteorwasser von Strassen, Plätzen, Dächern und indifferente Industrie-Abwässer zu vereinigen und in einfachster Weise fortzuführen.

In grossen Städten wird man gleichwohl ein rationelles Trennsystem nicht zur Anwendung bringen können, weil hier Ueberfluthungen der Strassen durch stärkere Niederschläge durchaus möglichst vermieden werden müssen. Dagegen ist für kleinere Städte, ferner Theile einer grösseren Stadt, in denen die Terrainverhältnisse für eine Entfernung des Meteorwassers günstig liegen, das Trennsystem entschieden zu empfehlen.

In Gebrauch sind zur Zeit namentlich folgende:

a) WARING's System. In Memphis (Amerika), Oxford u. s. w. eingeführt. Die Canäle nehmen kein Regenwasser (oder höchstens einen Theil, z. B. das in den Höfen sich sammelnde) auf. Dafür sind am oberen Ende jedes Rohrstranges Spülbassins angebracht, von wo 1 bis 2mal täglich gespült wird; Spülwasser rechnet man 1 ccm pro Kopf und Jahr. Die Hausanschlüsse haben keine Syphons. Bei der Concentration des Canalinhalts erscheint dies nicht unbedenklich. Für die Revision der Canäle muss gesorgt sein.

b) SHONE's Druckluft- (Ejektor-) System. Entweder Sammlung der Fäkalien in Kübeln, die an Sammelstellen entleert werden; der Inhalt wird in eisernen Rohren von 55 cm Weite mittelst comprimirter Luft nach der Poudrettefabrik geschafft (WARINGTON). — Oder besser so ausgeführt, dass enge Canalrohre (18—30 cm weit) mit gutem Gefälle aus je einem Bezirk der Stadt die dickflüssige, aus Fäkalien und Hauswasser bestehende Masse zu einem tiefliegenden Behälter, dem Ejektor (*B* in Fig. 150), leiten. Die im Ejektor sich ansammelnde Flüssigkeitsmasse löst bei einer gewissen Füllung durch Hebung des Schwimmers *C* bis nach *D* automatisch den Zutritt von Druckluft aus, welche den Inhalt heraus- und in die Abflussleitung drückt.

Andere Trennsysteme sind von MERTEN, ROTHE, MAIRICH u. A. durchgeführt und mit den oben geschilderten besonderen Klärverfahren verbunden. Die Erfolge scheinen günstig zu sein, soweit die Kürze des Bestehens der Anlagen ein Urtheil gestattet.

c) Das LIERNUR'sche pneumatische System. Ist in Stadttheilen von Prag, Hanau, Amsterdam, Leyden, Dordrecht u. s. w. zur Ausführung gelangt, allerdings in sehr verschiedener Weise, da das System im Laufe der letzten Jahre mannigfache Modifikationen erfahren hat. Dementsprechend ist eine präcise Definition des LIERNUR'schen Systems zur Zeit kaum zu geben.

Die Entfernung der gesammten Abfallstoffe soll durch eine Reihe von Canalsystemen geschehen. Das Bodenwasser soll durch poröse Drainageröhren

abgeleitet werden, das Meteorwasser durch oberflächliche Rinnsale, nur in stark bewohnten Stadttheilen soll es in den Hauswassercanälen Aufnahme finden.

Das eigentlich Charakteristische des Systems ist ein ausser den vorge-

Fig. 150. Merten-Shone's Druckluftsystem.

nannten Anlagen hergestelltes eisernes Rohrnetz, das unterirdisch die Stadt durchzieht, und durch welches alle Fäkalien nach einem Centralbassin (*P* in Fig. 151)

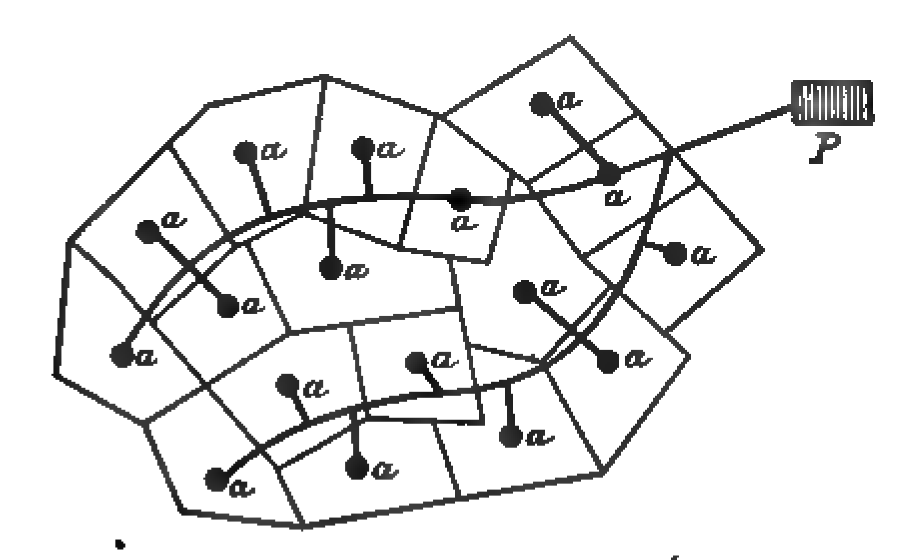


Fig. 151. Liernur'sches System.

von Zeit zu Zeit angesogen werden, um demnächst als Dünger verkauft oder zu Poudrette verarbeitet zu werden.

Der Anfang dieses Rohrnetzes liegt in den einzelnen Aborten. Der Sitz besteht aus einem Thontrichter, welcher nach unten in ein eisernes Rohr übergeht. Dazwischen ist ein Syphon mit einer zungenartigen Verlängerung der

hinteren Trichterwand angebracht, so dass derselbe auch bei geringer Füllung noch einen vollständigen Verschluss gewährt. Ein zweiter Syphon findet sich vor dem Anschluss an die Hauptleitung. Der Wasserverbrauch in den Closets ist beschränkt; es darf gewöhnlich höchstens 1 Liter pro Tag und Kopf zur Reinigung und zum Nachspülen verwandt werden. Gerüche sollen dadurch vermieden werden, dass ein vom Sitztrichter ausgehendes, an einen Schornstein angelehntes und bis über das Dach reichendes Ventilationsrohr die Gase abführt.

Die Haus- und Strassenrohre vereinigen sich mit sogenannten Gefällbrüchen, d. h. Kniestücken, die ein zu rasches Aspiriren des Inhalts aus einzelnen wenig gefüllten Rohren hindern sollen, zu einem an Strassenkreuzungen unter dem Pflaster gelegenen eisernen Reservoir. An dieses fährt täglich einmal eine lokomobile Luftpumpe; dann werden die Hähne der Strassenrohre geschlossen, das Reservoir dreiviertel luftleer gemacht, darauf die Hähne geöffnet und der Inhalt der Röhren aspirirt. Schliesslich wird der Reservoirinhalt in einen fahrbaren Tender umgefüllt (aspirirt) und dieser fährt nach dem Depot, um die Fäkalien als Dünger abzugeben oder sie zu Poudrette zu verarbeiten.

Die lokomobile Luftpumpe soll übrigens nach Liernur's Plänen später durch eine ausserhalb der Stadt gelegene Centralstation ersetzt werden, von welcher aus feststehende Maschinen die Evacuirung besorgen. Mitteist der letzteren soll dann auch zugleich das Eindampfen der Fäkalien zu Poudrette erfolgen.

Das Liernur'sche System scheint sich in manchen Städten für die Beseitigung der Fäkalien bewährt zu haben. Aus ästhetischen Gründen wird das Verbot des Wassereingiessens bemängelt; ferner stösst auch hier die genügende Verwerthung der Fäkalien oft auf Schwierigkeiten. Die besonderen Hauswassercanäle scheinen meist nicht ausgeführt zu werden. Dann aber ist das System vom hygienischen Standpunkt aus zu verwerfen. Und wenn andererseits Hauswassercanäle vorhanden sind, dann stellt die gesonderte Fäkalienentfernung eine unnütze und theuere Complikation dar.

Fig. 152. Stadttheil mit Liernur'schen Canälen.

Ueber die **Kosten** der verschiedenen Systeme zur Entfernung lässt sich sehr schwer eine Vergleichung aufstellen. Anlagekosten, Betriebskosten, incl. der Kosten der Schlammbeseitigung, der Platzbedarf für die Reinigungsanlagen, die Regelung der Vorfluth kommen dabei in Betracht. Oft liefert die Rechnung für die ersten Betriebsjahre günstige Ergebnisse und erst später ergeben sich Schwierigkeiten, deren Beseitigung viel Unkosten verursacht. Städte an grossen Wasserläufen und guten Vorfluthverhältnissen sind von vornherein günstiger daran; müssen in anderen Städten auch die gelösten Stoffe beseitigt werden, so erwachsen daraus neue Kosten. Nach Kruse darf man in Ansatz bringen pro Kopf der Bevölkerung und Jahr für:

Berieselung	1,3	bis 2,5	Mk.	
Oxydationsverfahren	0,8	„ 2,0	„	(ohne Faulraum)
Chemische Klärung	0,5	„ 1,8	„	(ohne Schlammbeseitigung)
Mechanische Klärung	0,3	„ 0,45	„	(„ „ „)
Schlammbeseitigung	0,1	„ 0,7	„	
Desinfektion	0,1	„ 0,8	„	

4. Der Kehricht und die Thiercadaver.

Dem trockenen Kehricht wird bis jetzt selbst in den Städten, welche im Uebrigen ausgezeichnete Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe besitzen, sehr wenig Beachtung geschenkt und derselbe wird in primitiver und rücksichtslosester Weise beseitigt. Da aber der Kehricht immerhin noch infektiöse Mikroorganismen beherbergen kann, so ist eine nicht zu sorglose Behandlung desselben entschieden indicirt; namentlich ist auf gedeckte Behälter und vorsichtiges Entleeren (event. unter Anfeuchtung) zu halten. Die schliessliche Zerstörung erfolgt am radikalsten durch Verbrennung, die in England vielfach eingeführt ist, event. nach Vermischen mit dem Schlamm der Kläranlagen (s. oben). Die unverbrennbaren Theile sind in praktischer Weise in Leipzig zur Anlage von „Scherbenbergen" verwendet.

Thiercadaver und nicht verwendbare Theile von Schlachtthieren werden nach der Abdeckerei geschafft.

Das Material der Abdeckereien bilden: 1) Die ganzen Cadaver der an Milzbrand, Rotz, Wuth, Rinderpest, Rauschbrand, Pyämie und Schweinerothlauf gestorbenen Thiere. Diese dürfen nach veterinärpolizeilicher Vorschrift nicht abgehäutet sein. 2) Die von Haut und Klauen befreiten Cadaver von Thieren, die an Lungenseuche und Tuberkulose erkrankt waren, oder in denen Finnen und Trichinen gefunden sind. 3) Kranke Organe von sonst noch verwerthbaren Schlachtthieren, z. B. Lebern mit Echinokokken, perlsüchtige Lungen, Carcinome, Actinomycesgeschwülste u. s. w. 4) Alles confiscirte faule und verdorbene Fleisch verschiedenster Herkunft. 5) Schlachtabfälle von gesunden und kranken Thieren. — In Berlin gelangen jährlich circa 2000 Pferde, 300 Rinder, 2000 Schweine, 500 Schafe auf die Abdeckerei.

Somit sammelt sich in den Abdeckereien offenbar eine Masse äusserst gefährlichen Materials. Von den dorthin geschafften Infektionsquellen aus können sehr leicht Infektionsstoffe wieder zum Menschen gelangen dadurch, dass Theile der Cadaver nachträglich verwertet werden. Namentlich sucht der Abdecker die Häute und Haare zu verkaufen, und es sind hierdurch schon viele Gerber, Wollarbeiter, ferner Rosshaararbeiter, Tapezierer, Bürstenfabrikanten u. s. w. an Milzbrand und Rotz erkrankt. — Ferner findet eine Verbreitung von Keimen durch die Utensilien und Geräthschaften des Abdeckers, und bei ungenügender

Verwahrung der Cadaver durch Insekten (Fliegen und Bremsen) statt. — Die Abdeckereien belästigen ausserdem die Anwohner oft auf sehr grosse Entfernungen hin durch üblen Geruch, der namentlich dann auftritt, wenn grössere Mengen von Knochen und Häuten langsam an der Luft getrocknet werden.

Da, wo kein öffentliches Schlachthaus und kein Schlachtzwang besteht, giebt es viele heimliche, sogenannte Winkelabdeckereien, die unter dem Namen der Pferdeschlächterei oder Wurstschlachterei gefallenes Vieh aller Art schlachten und verarbeiten. Zuweilen verbergen sich solche Abdeckereien auch unter der Firma einer Leimsiederei, Dünger- oder Seifenfabrik.

Eine Regelung des Abdeckereiwesens und eine völlige und rasche Vernichtung oder sichere Beseitigung der nach der Abdeckerei geschafften Cadaver muss unbedingt verlangt werden. Dies kann geschehen 1) durch tiefes Vergraben an gesicherten Plätzen in mindestens 3 m Tiefe unter reichlichem Zusatz von Aetzkalk namentlich zu den etwa beschmutzten oberflächlichen Bodenschichten; 2) durch Verbrennen in besonders construirten Oefen (z. B. Kori's Verbrennungsofen). Bei beiden Verfahren findet aber keinerlei Verwerthung der Cadaver statt; diese ist bis zu einem gewissen Grade möglich, wenn 3) das Material einer trockenen Destillation mit Auffangen der Produkte unterworfen wird; und noch vollkommener, wenn 4) die Cadaver in besonderen Apparaten mit heissem Wasserdampf behandelt werden. Dies geschieht in sogenannten Digestoren, grossen Papin'schen Töpfen, in welchen die Cadaver ca. 10 Stunden lang Dampf von mehreren Atmosphären Spannung ausgesetzt werden. Nach beendetem Kochen werden Fett und Leimwasser abgelassen; der Rückstand wurde früher herausgenommen, an der Luft getrocknet und schliesslich zu Dungpulver verarbeitet. Da hierbei starke Gerüche auftraten, wird in den neueren Constructionen (Kafill-Desinfektor von Rietschel & Henneberg und Podewils' Apparat) der Rückstand gleich im Digestor in trockenes Pulver verwandelt, indem der Dampf dann nur in einen den inneren Cylinder umgebenden Mantelraum eingelassen wird und den Cylinder von aussen erhitzt, während innen Luft zutritt. Die Apparate finden am besten im Schlachthof ihre Aufstellung; der weitaus grösste Theil des zu vernichtenden Materials kann dann an Ort und Stelle bleiben.

Ist ein Transport der Cadaver nöthig, so müssen die Karren völlig dicht sein und jedes Durchsickern von Blut u. s. w. muss vermieden werden. Zu empfehlen ist ein Einhüllen der Cadaver in Tücher, welche mit Carbolsäure oder Sublimatlösung angefeuchtet sind.

Litteratur. König, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Auflage, 1899. — Blasius und Büsing, Die Städtereinigung in Weyl's Handb. d. Hygiene, 1894. — Gerson, Weyl, Vogel, Rieselfelder u. landwirthschaftliche Verwerthung der Abfallstoffe, ibid. — Wehmer, Abdeckereiwesen, ibid. — Dunbar u. Roechling, Verh. d. Ver. f. öff. Ges., 1898. — Gärtner u. Herzberg, ibid. 1897. — Schmidtmann, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., Supplementhefte 1898 u. 1900. — Dunbar, Zirn, Proskauer u. A. in Viert. f. ger. Med. u. öff. San., letzte Jahrgänge.

VIII. Leichenbestattung.

Die Leichenbestattung erfolgt bei den heutigen Culturvölkern fast ausschliesslich durch Begraben.

In der beerdigten Leiche tritt zunächst Fäulniss durch Fäulnissbakterien (hauptsächlich Anaëroben) ein, die namentlich vom Darm her einwandern. Demnächst betheiligen sich thierische Organismen und zwar Larven verschiedener Fliegenarten und Nematoden (Pelodera). Namentlich ist eine kleine 2—3 mm lange Fliegenlarve betheiligt, deren leere gelbbraune Puppenhüllen sich oft zu Milliarden in den Särgen finden. Dieselben tragen sehr energisch zur vollständigen Zerstörung und Oxydation der organischen Stoffe bei; durch die lebende thierische Zelle kommt es zu einer der Verwesung gleichen Zerstörung organischer Substanz. — Die thierischen Organismen bedürfen einer gewissen Feuchtigkeit, reichlichen Luftzutritts und einer relativ hohen Temperatur; wo diese fehlen, betheiligen sie sich nicht an der Verwesung.

Die stinkende Fäulniss dauert etwa 3 Monate, selten länger; durch die Kleidung wird sie zuweilen beträchtlich verzögert, nicht dagegen durch den Sarg, der im Gegentheil die Meteorwasser abhält, die dichte Umlagerung der Leiche mit feuchten Bodenschichten hindert und statt dessen einen gewissen der weiteren Zersetzung förderlichen Luftraum garantirt.

Im Wasser und ebenso in einem nassen, Grundwasser führenden Boden tritt zunächst raschere Fäulniss ein, bei welcher fast ausschliesslich Anaëroben betheiligt sind. Eine zweiwöchentliche Wasserleiche ist in der Zersetzung etwa so weit vorgeschritten, wie eine achtwöchentliche begrabene Leiche. Später kommt es aber unter solchen Verhältnissen zu einem Stillstand der Zersetzung und oft zur Leichenwachsbildung.

In einem mässig trockenen, grobporigen Boden von nicht zu hoher Schicht findet die reichlichste Betheiligung der thierischen Organismen und damit möglichst schnelle und vollständige Verwesung der Leiche statt. In Kies- und Sandboden sind Kinderleichen etwa nach 4 Jahren, die Leichen Erwachsener nach 7 Jahren; im Lehmboden nach 5 resp. 9 Jahren bis auf Knochen und amorphe Humussubstanzen zerstört.

Unter Umständen nimmt die Zersetzung der Leichen im Boden einen abnormen Verlauf; besonders dann, wenn durch irgend welche Einflüsse die Betheiligung der erwähnten thierischen Organismen ausgeschlossen ist. Es kommt so entweder zur Mumifikation. Die Leichen sind dann in eine trockene, schwammige, strukturlose Masse verwandelt, die leicht zu Staub zerfällt. Oft sind die Formen scheinbar vorzüglich erhalten.

Mumifikation tritt ein nach Phosphor-, Alkohol-, namentlich aber nach Arsenik- und Sublimat-Vergiftung; ferner in Folge gewisser lokaler Verhältnisse des Friedhofs, nämlich grosser Trockenheit, starker Durchlüftung oder zu niederer Temperatur des Bodens, so dass sich die thierischen Organismen gar nicht und die Fäulnissorganismen nur bis zu einem gewissen Grade an der Verwesung betheiligen. Man findet die Mumifikation z. B. im Wüstensand, ferner im Kirchhof des St. Bernhard-Hospizes und in tiefen Klostergrüften, dort in Folge der Trockenheit, hier in Folge der Kälte.

Oder es kommt zur Adipocire-(Leichenwachs-)Bildung. Die Leichentheile werden, nachdem eine kurze Zeit Fäulniss bestanden und die meisten Eingeweide zerstört hat, ganz oder theilweise in eine grauweisse, homogene, leicht zerbröckelnde Masse verwandelt, die auf der Schnittfläche Fettglanz zeigt, sich fettig anfühlt, in der Hitze schmilzt und fast geruchlos ist. Oft ist dieselbe so fest, dass sie beim Anstossen tönt. Die äussere Körperform ist oft wunderbar erhalten, in Haut, Muskeln und Knochen lassen sich mikroskopisch noch Reste der Textur erkennen. Ferner ahmt die Fettsubstanz oft geradezu die Form der betreffenden Texturelemente nach. Chemisch scheinen theils Cholesterin, theils Ammoniak und Kalkseifen, theils freie Fettsäuren vorzuliegen.

Woher das Leichenwachs stammt, ist noch nicht klargestellt; einige Forscher behaupten, es erleide das Fett der Leiche eine eigenthümliche Umwandlung, während die Eiweisssubstanzen verschwinden. Andere folgern aus den mikroskopischen Untersuchungen, dass wirklich eine Fett- und Seifenbildung aus Eiweiss bei der Leichenwachsbildung betheiligt ist.

Auch die Adipocirebildung scheint nur dann einzutreten, wenn die normaler Weise wirksamen Organismen, besonders die thierischen, in ihrer Funktion gehemmt sind, und zwar namentlich, wenn dies in Folge von Luftmangel geschieht. Daher findet man die Leichenwachsbildung bei Wasserleichen, in nassem Thonboden, in Cementgruben, in hermetisch schliessenden Särgen, ferner in alten, stark benutzten und offenbar undurchlässig gewordenen Begräbnissplätzen.

Uebt nun ein Kirchhof, in welchem die Verwesung der Leichen in der geschilderten Weise vor sich geht, irgend welchen gesundheitsnachtheiligen Einfluss auf die Anwohner aus? Früher hatte man in dieser Beziehung übertrieben schlimme Vorstellungen. Eine Reihe von Krankheiten sollte von den Kirchhöfen aus übertragen werden und die Leichengase sollten eine starke Belästigung und Gesundheitsgefahr für die Anwohner bedingen. Dementsprechend sind früher sehr rigorose Vorschriften über den Abstand der Wohnungen von Kirchhöfen erlassen worden; noch heute wird in Frankreich und in der Rheinprovinz ein Abstand von 100 m gefordert.

Es handelt sich indess bei der Leichenzersetzung um eine einfache Fäulniss und Verwesung organischer Substanz, und zwar ist der Umfang dieses Processes bei geregeltem Kirchhofsbetrieb ein relativ geringer und die Zersetzung verläuft so allmählich, dass unmöglich Schädigungen oder Belästigungen daraus resultiren können. Irgend welche specifische giftige, sogenannte Leichengase werden nicht gebildet. Ein übler Geruch macht sich nur in Massengrüften geltend, wie sie in London, Paris, Neapel früher vorkamen, in welche in kurzen Zwischenräumen grosse Mengen von Leichen eingelagert wurden.

Sobald jedoch die Bestattung in einigermaassen geordneter Weise vorgenommen wird, können riechende Zersetzungsgase nicht bemerkbar werden, zumal die Hauptmasse derselben durch den Boden absorbirt wird. Diese Absorption ist eine so vollständige, dass selbst beim Ausgraben der Leichen fast niemals ein Geruch wahrzunehmen ist.

Infektionen kommen von den begrabenen Leichen aus nicht leicht zu Stande. Die meisten Infektionserreger bleiben, wie experimentell nachgewiesen ist, in der Leiche nicht lange lebensfähig, sondern gehen unter dem Einfluss der wuchernden Saprophyten binnen wenigen Tagen oder Wochen zu Grunde. Einige Infektionserreger können sich freilich länger am Leben halten; so können virulente Tuberkelbacillen noch nach Monaten, vielleicht sogar nach Jahren, in begrabenen Leichen nachgewiesen werden; auch Typhusbacillen sind ziemlich resistent. Für alle diese Erreger ist aber, wie oben (S. 195) ausgeführt wurde, ein Herausgelangen aus der Tiefe des Grabes an die Bodenoberfläche nicht möglich, es sei denn in seltensten Fällen durch Vermittelung von Thieren wie Ratten, Maulwürfen u. dergl. — Damit stimmt überein, dass in der That keinerlei gut beglaubigte statistische Belege für eine höhere Morbidität oder für eine gesteigerte Frequenz infektiöser Erkrankungen unter den nahe an Kirchhöfen wohnenden Menschen vorliegen.

Zuweilen kann durch die Verwesungsprodukte eine Verunreinigung des Grundwassers erfolgen. Bei zahlreichen Untersuchungen zeigten indess die Kirchhofsbrunnen weniger Verunreinigungen, als die sonstigen städtischen Brunnen. Ausserdem ist eine Verschleppung von Infektionserregern auf längere Strecken bei dichtem Boden ganz ausgeschlossen, bei lockerem Geröllboden sehr erschwert. Immerhin wird man ein Grundwasser zum Wasserbezug vermeiden, welches in einer gewissen nahen Berührung mit Begräbnissplätzen steht. Auch ist zu beachten, dass Sandadern in einem Lehmboden geradezu drainirend wirken und die Verwesungsprodukte, die in einem solchen Boden ge-

bildet sind, in relativ grosser Menge den in der Richtung des Gefälles gelegenen Brunnen zuführen können.

Es lassen sich somit alle Gesundheitsschädigungen und Belästigungen durch Begräbnissplätze leicht vermeiden, wenn letztere nach folgenden Vorschriften angelegt und betrieben werden:

Das Terrain soll möglichst frei liegen, plateauartig sein. Sandboden, der eventuell mit etwas Lehm gemengt ist, bietet die günstigsten Bedingungen. Das Grundwasser soll wenigstens 3 m mittleren Abstand von der Bodenoberfläche haben und der maximale Grundwasserstand muss genau bekannt sein. Wohnhäuser sollen mindestens 10 m Abstand von den Begräbnissplätzen haben, Brunnen mindestens 50 m, wenn das Gefälle des Grundwassers nach dem Brunnen hin gerichtet ist.

Als richtige Grösse der Gräber wählt man eine Länge von 260 cm, eine Breite von 100 cm; 60 cm entfallen auf die Zwischenwandungen, im Ganzen also 4 qm für das Grab eines Erwachsenen resp. 2 Kindergräber. — Die Tiefe des Grabes sei 6 Fuss; an manchen Orten hat man 4 Fuss als vollkommen ausreichend gefunden. Die Särge sollen nicht zu dicht sein, eventuell durchbohrte Wände haben. Es ist wohl vorgeschlagen, Kochsalz und Weinsäure in den Sarg zu füllen, um die Bakterien und die Fäulniss möglichst zu hemmen und die Schimmelpilze zu begünstigen; letztere sind aber für die Verwesung viel zu einflusslos, und es ist daher dies Verfahren zu widerrathen.

Als Begräbnissturnus ist für die Erwachsenen eine Frist von 10 Jahren, für Kindergräber eine Frist von 5 Jahren einzuhalten; übrigens ist der Turnus zweckmässig im Einzelfalle je nach den lokalen Verhältnissen zu bestimmen. Eine Bebauung alter Kirchhöfe darf in Preussen erst 40 Jahre nach dem Schluss der Bestattungen erfolgen; eine kürzere Frist, von etwa 20 Jahren, würde jedenfalls ausreichend sein.

Auf dem Kirchhof ist eine Leichenhalle anzulegen. In den Wohnungen der Armen ist eine Aufbewahrung der Leichen bis zum Begräbniss schlechterdings unmöglich, wenigstens nicht ohne grosse Belästigung der Umwohner, ausserdem auch nicht ohne Gefahr, da eine Reinigung und Desinfektion der Wohnung nicht eher zu erfolgen pflegt, als bis die Leiche fortgeschafft ist. Contagiöse Leichen sind in Tücher, die mit Carbollösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind, einzuschlagen (vergl. Kap. X.). Um den Geruch, der sich bei rascher Zersetzung entwickelt, zu hindern, wird der Sarg zweckmässig mit Holzkohle oder Holzkohlenkleie gefüllt.

Die Leichenhalle, zu deren Benutzung der Arzt nach Möglichkeit zureden soll, muss ein gefälliges Gebäude mit würdiger dekorativer Ausstattung darstellen. Dort lassen sich auch elektrische Klingeln mit

den Leichen in Berührung bringen, deren Contakte bei der geringsten Bewegung ausgelöst werden und welche somit gegen das (im grossen Publikum hartnäckig, obwohl grundlos, gefürchtete) Lebendig-Begrabenwerden Schutz gewähren.

Ferner ist sehr empfehlenswerth eine Bepflanzung des Kirchhofes; wo möglich sollen parkartige Anlagen geschaffen werden. Die Kirchhöfe können dann beliebte Spaziergänge werden und befriedigen gleichzeitig das Bedürfniss nach in der Stadt gelegenen öffentlichen Gärten. Jedenfalls sollten alte, nicht mehr benutzte Friedhöfe in dieser Weise Verwendung finden.

Fig. 153. Siemens'scher Leichenverbrennungsofen.
a Canal für das Generatorgas. *b* Canal für Luft. *A* Vorwärmkammer. *Z* Ziegelmaterial. *B* Verbrennungskammer. *t* Thür. *r* Thonrost. *e* Gefäss für die Asche. *C* Versenkung.

Neuerdings wird vielfach die Frage angeregt, ob es nicht besser sei, die Leichen zu verbrennen.

Wir haben hierfür das Beispiel der meisten alten Völker, namentlich der Inder, die seit Jahrtausenden ihre Leichen verbrennen. Allerdings wurde früher immer eine sehr unvollständige Verbrennung erzielt, die für unsere jetzigen Verhältnisse unannehmbar sein würde. Die ganze Frage ist neuerdings erst discutirbar geworden, seit geeignete Verbrennungsöfen construirt sind. Dieselben beruhen gewöhnlich auf der Siemens'schen Regenerativ-Feuerung, bei welcher hoch erhitzte Luft den Verbrennungsgasen zugeleitet wird. Es entsteht dabei eine ausserordentlich intensive Hitze und sehr rasches Austrocknen der Leichentheile, und nach einer Zeitdauer von etwa 2 Stunden (abgesehen von 3—4stündigem Vorwärmen) hinterbleibt nur Asche mit relativ wenig Kohle gemengt. Die Asche der verbrannten Leichen soll eventuell in Urnen in eigenen Hallen aufgestellt oder auf Urnenfeldern begraben werden.

Fig. 153 illustrirt den Vorgang der Verbrennung in einem Siemens'schen Ofen genauer. Aus dem Gaserzeuger (Generator) wird durch den Canal *a* das

Gas zugeleitet, durch den Canal *b* Luft; die an der Vereinigungsstelle entstehende Flamme erhitzt das in der Kammer *A* gitterartig aufgeschichtete Ziegelmaterial *Z* zur Weissgluth, und dringt dann in die Kammer *B*, die bis zur schwachen Rothgluth vorgewärmt wird. In *B* wird die eingeschobene Leiche zunächst vorgewärmt und ausgetrocknet. Dann wird die Gaszufuhr geschlossen, und nur Luft, die beim Durchstreichen durch das Ziegelmaterial bis nahe zur Weissgluth erhitzt ist, zugeleitet. Diese bewirkt dann schnellste Verbrennung.

Vielfach wird behauptet, die Leichenverbrennung sei vom sanitären Standpunkt aus zu befürworten. Dies ist entsprechend den vorstehend gegebenen Ausführungen nicht richtig; wenn vielmehr etwas zur Annahme einer fakultativen Leichenverbrennung führt, so ist es einmal die genauere Erkenntniss der Zersetzungsvorgänge der begrabenen Leichen, die wohl im Stande ist, eine Abneigung gegen diese Art der Bestattung zu erzeugen; vor Allem aber die Schwierigkeit, in der Nähe grosser Städte ohne übertriebenen Kostenaufwand das nöthige Areal für Begräbnissplätze zu finden. Bei der Ausdehnung der grossen Städte werden die Kirchhöfe immer weiter hinausgedrängt; schliesslich muss, wie dies jetzt schon in London und Paris geschieht, die Beförderung der Leichen mittelst Eisenbahn erfolgen und selbst die Begleitung der Leichen, geschweige denn der häufigere Besuche der Gräber, ist für viele Angehörige zu kostspielig. Grosse Städte haben aus diesem Grunde entschiedenes Interesse an der Zulassung der fakultativen Leichenverbrennung. — Von juristischer Seite wird gegen letztere wohl eingewendet, dass eine spätere Untersuchung der Leichen auf Gifte u. s. w. alsdann unmöglich sei, und dass dadurch den Verbrechen Vorschub geleistet werden würde. Diesem Einwand kann dadurch begegnet werden, dass die Erlaubniss zur Verbrennung von einer möglichst sorgfältigen Leichenschau und einem Fehlen aller Verdachtsmomente abhängig gemacht wird.

Litteratur: SCHUSTER, Beerdigungswesen, in v. PETTENKOFER's u. v. ZIEMSSEN's Handb. d. Hygiene, 1882. — HOFMANN und SIEGEL, Die hygienischen Anforderungen an Friedhöfe, Verhandl. des Deutsch. Ver. f. öff. Ges. 1881, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 14, Heft 1. — PETRI, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 7. — SCHÖNFELD und GRANDHOMME, Viert. f. ger. Med. 1891. Suppl. — WERNICH, Leichenwesen, WEYL's Handb. d. Hygiene, 1895.

IX. Besondere bauliche Anlagen.

Ganz besondere Beachtung erfordert die richtige Anwendung der in den vorstehenden Kapiteln begründeten hygienischen Principien in den Fällen, wo eine grössere Anzahl von Menschen in gemeinsamen Baulichkeiten untergebracht und hier der Fürsorge Anderer anvertraut werden, z. B. in Schulen, Waisenhäusern, Kasernen, Gefangenanstalten, Krankenhäusern, Irrenanstalten, Armenhäusern u. s. w. — Hier seien speciell nur Schulen und Krankenhäuser hervorgehoben, mit deren hygienischen Einrichtungen jeder Arzt einigermaassen vertraut sein

muss. Betreffs der übrigen Anstalten, die nur in speciellen Fällen das Interesse des Arztes in Anspruch nehmen, muss auf die unten citirte Litteratur verwiesen werden.

I. Schulen.

Da der Staat von den Eltern verlangt, dass sie ihre Kinder der Schule anvertrauen, so darf man erwarten, dass die Kinder in der Schule von keinen Gesundheitsstörungen bedroht werden. Es ist daher zu fordern, dass die Schulhäuser so gebaut sind, dass sie jedem Kinde genügend Licht, normale Temperatur und normale Luftbeschaffenheit gewähren; dass ferner das Mobiliar und die Utensilien der Schulzimmer ohne Beeinträchtigung der Gesundheit benutzbar sind; dass der Betrieb der Schule die körperliche und geistige Entwicklung der Schüler nicht schädigt; und dass in der Schule keine Verbreitung von contagiösen Krankheiten stattfindet.

Nicht immer entsprechen die Schulen diesen Forderungen; vielmehr sind zahlreiche Gesundheitsstörungen bei Schülern beobachtet, die durch den Schulbesuch hervorgerufen oder doch wesentlich unterstützt werden. Zu diesen gehört:

1) Die habituelle Skoliose. Im Ganzen ist dieselbe nicht so häufig, als man früher angenommen hat; auch entwickelt sich die Krankheit nur bei einer gewissen individuellen Disposition, und wird namentlich bei Mädchen durch Handarbeiten ausserhalb der Schule wesentlich unterstützt. Ein gewisser Einfluss der Schule ist aber oft unverkennbar. Fast stets handelt es sich um eine solche Verbiegung der Wirbelsäule, dass deren Convexität nach rechts gerichtet ist, und diese entspricht gerade der bei schlechten Subsellien zu Stande kommenden Körperhaltung. Bei einem weiten Abstand des Sitzes vom Tisch, bei zu grosser Höhe des Sitzes und unrichtiger vertikaler Entfernung der Tischplatte vom Sitz ist ein Schreiben in gerader Haltung des Körpers völlig unmöglich, zumal wenn eine rechtsschiefe Schrift gelehrt wird und die Beleuchtung mangelhaft ist. Der Oberkörper muss sich dann vielmehr nach vorn und links neigen, die rechte Schulter wird gehoben, die linke gesenkt und vorgeschoben; die Muskeln müssen angestrengt werden, um den Körper in dieser Lage zu halten, und durch Aufstützen der Brust oder des linken Armes auf die Tischplatte sucht das Kind sehr bald die ermüdenden Muskeln zu entlasten. Dabei kommt dann eine solche Verschiebung der Einzelschwerpunkte der oberen Körpertheile zu Stande, dass eine entsprechende Verbiegung der Wirbelsäule die Folge ist.

2) Die **Myopie**. Nachweislich treten die Kinder mit hyperopischen oder emmetropischen Augen in die Schule ein. Es ist statistisch festgestellt, dass die Myopie mit der Dauer des Schulbesuches zunimmt, in den Gymnasien am häufigsten und hochgradigsten wird, in den Dorfschulen viel seltener und geringfügiger auftritt (H. Cohn). Zu hochgradiger Myopie kann sich später geradezu eine Abnahme des Sehvermögens gesellen.

Zur Entstehung der Myopie der Schulkinder disponirt vielleicht zu einem geringen Theil Rassendisposition und der Knochenbau des Gesichtsschädels (niedere Augenhöhlen), zu einem weit grösseren Theil erbliche Anlage. Zur Ausbildung kommt die Myopie aber hauptsächlich durch mangelhafte Beleuchtung und die oben geschilderte schlechte Körperhaltung beim Lesen und Schreiben. Der Kopf des in Folge unzweckmässiger Subsellien vorn übergebeugten Oberkörpers muss sich bei ungenügender Beleuchung tief senken und das Auge der Tischplatte stark nähern; das Auge muss daher fortdauernd forcirt für die Nähe accommodiren, die Sehaxen convergiren übermässig, die Blutcirculation im Bulbus wird gestört, und diese Momente scheinen dahin zusammenzuwirken, dass Dehnungszustände in der Nähe des hinteren Pols entstehen und eine Verlängerung der sagittalen Bulbusaxe eintritt.

Zweifellos können auch schlechte Beleuchtung und unzweckmässiges Sitzen im Hause, ferner feine Handarbeiten u. s. w. die Ausbildung der Myopie unterstützen. Es kommt aber darauf an, dass die Schule keinesfalls an einer solchen Gesundheitsstörung ursächlich betheiligt ist, und dass vorsichtige Eltern, die für ihr Kind im Hause auf's Gewissenhafteste sorgen, nicht in der Schule Gefahren für dasselbe fürchten müssen.

3) Stauung des Blutabflusses aus Kopf und Hals, in Folge dessen häufiges Nasenbluten und vielleicht auch der zuweilen beobachtete Schulkropf werden als eine weitere Consequenz der oben geschilderten Schreibhaltung aufgefasst.

4) Erkältungskrankheiten treten namentlich bei schlechten Heizeinrichtungen, bei stark strahlenden Heizkörpern, in überhitzten oder ungenügend erwärmten Schulzimmern und bei unzweckmässigen Lüftungseinrichtungen auf.

5) Ernährungsstörungen und nervöse Ueberreizung kommen bei Schulkindern zur Beobachtung, wenn dieselben zu anhaltendem Sitzen und zu einer im Verhältniss zu ihren Anlagen übermässigen geistigen Anstrengung gezwungen sind. Es lässt dann der Appetit nach, die Ernährung wird unzureichend, und im kindlichen Alter treten

daraufhin ausserordentlich schnell anämische Erscheinungen und abnorme Reizbarkeit hervor.

6) Contagiöse Krankheiten, namentlich die akuten Exantheme, Diphtherie, Keuchhusten u. s. w. werden nachweislich häufig in der Schule acquirirt. Das ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, dass die Kinder oft noch mehrere Tage die Schule besuchen, nachdem sie bereits an einer contagiösen Krankheit erkrankt sind, dass sie ferner noch häufiger mit Krankheitserregern auf den Schleimhäuten und mit gar nicht oder ungenügend desinficirten Kleidern in die Schule zurückkommen, nachdem sie eine contagiöse Krankheit überstanden haben. Die Ansteckung erfolgt bei den Kindern um so eher, als unter ihnen fortwährende Berührungen stattfinden. Ausserdem lösen sich bei den lebhaften Bewegungen der Kinder leicht die eingeschleppten Keime von den Kleidern ab und verbreiten sich in der Luft, die stets grosse Mengen solchen Kleiderstaubes zu enthalten pflegt.

Angesichts dieser zahlreichen, von der Schule begünstigten Gesundheitsstörungen werden mit Recht eine Reihe von hygienischen Maassregeln zum Schutze der Schulkinder verlangt. Dieselben betreffen theils die baulichen Einrichtungen des Schulhauses, theils das Mobiliar und die Utensilien, theils den Betrieb der Schule.

A. Bauliche Einrichtungen.

Das Schulgebäude soll wo möglich nicht in zu grossen Dimensionen angelegt werden, am besten nur aus zwei Stockwerken bestehen. Der Bauplan ist im Allgemeinen an das Corridorsystem gebunden; es ist aber dahin zu streben, dass der Corridor an der einen Längsseite des Gebäudes angelegt wird, an der anderen Seite die Klassenräume; ein Corridor zwischen zwei Reihen Zimmern ist in Bezug auf Licht- und Luftzufuhr erheblich ungünstiger, wird aber der Billigkeit wegen häufig projectirt und ausgeführt. — Mit Bezug auf die Himmelsrichtung ist eine Lage der Fenster nach Osten zu vermeiden wegen des zur Zeit der Schulstunden weit in's Zimmer einfallenden Sonnenlichts, das die verschiedenen Plätze sehr ungleich mit Licht und Wärme versorgt und theilweise blendend wirkt. Die Richtung gegen Süden ist weniger ungünstig, weil die Sonnenstrahlen namentlich im Sommer nicht so tief in's Zimmer einfallen. Die Lage nach Westen oder Nordwesten ist zulässig, wenn am späteren Nachmittag kein Unterricht gehalten wird. Das angenehmste Licht liefert die Lage gegen Norden, aber ausreichend nur dann, wenn die Lage des Gebäudes eine freie ist.

Die einzelnen Schulzimmer sollen höchstens 9—10 m lang sein, weil bei grösserer Länge das Sehen der Tafel und die Ueberwachung der Schüler auf Schwierigkeiten stösst. Die Tiefe der Zimmer wird gewöhnlich auf höchstens 7 m normirt; doch ist dieses Maass ganz abhängig zu machen von photometrischen Bestimmungen. Die Höhe soll $3^1/_2$ bis höchstens $4^1/_2$ m betragen; bei grösserer Höhe wird über zu starke Resonanz geklagt. Der maximale Cubikraum eines normalen Schulzimmers berechnet sich demnach auf 250—300 cbm. — Es ergiebt sich aus dieser Maximalziffer zugleich die höchste Zahl von Schülern, welche ohne Nachtheile in einem Schulzimmer überhaupt untergebracht werden können. Nach den im Kapitel „Ventilation" gegebenen Berechnungen muss man für jüngere Schüler 4—5, für ältere 6—7 cbm Luftraum oder 1 qm, resp. 1·5 qm Bodenfläche verlangen. Demnach darf ein Normalzimmer von maximalen Dimensionen nicht mehr als 50 Kinder im Durchschnitt aufnehmen.

Die Wände des Zimmers sind mit hellgrauer Oel- oder Leimfarbe zu streichen; wo möglich soll wenigstens ihr unteres Drittel abwaschbar sein. — Der Fussboden soll aus hartem Holz, das mehrfach mit siedendem Leinöl getränkt ist, möglichst gut gefugt sein und Oelfarbenanstrich erhalten, oder mit einem der neuerdings empfohlenen, gegen Staubentwicklung schützenden Oelpräparate „Dustless", „Staubfrei", „Sternolit" imprägnirt sein; ungestrichener Fussboden muss wenigstens so beschaffen sein, dass er sich leicht mit feuchten Lappen oder feuchten Sägespänen reinigen und staubfrei machen lässt.

Lichtöffnungen. Keinesfalls darf seitliches Licht von der rechten Seite der Schüler her einfallen, da sonst der Schatten der schreibenden Hand auf das Papier fällt und eine zu starke Annäherung des Auges nöthig ist, um noch den Contrast zwischen den Buchstaben und dem relativ dunklen Papier wahrzunehmen. — Ebenso wenig soll das Licht von hinten her einfallen; es wirft dann der Kopf einen Schatten auf das Papier, und ausserdem wird der Lehrer durch eine solche Beleuchtung geblendet und an der Ueberwachung der Schüler gehindert. Nur bei sehr hohen Fenstern und kurzen Klassen ist Beleuchtung von hinten zulässig, weil dieselbe dann mehr den Charakter des Oberlichts bekommt. — Beleuchtung von vorn ist ebenfalls unstatthaft, weil dann die Schüler geblendet und z. B. an dem Lesen der Tafel gehindert werden. — Auch bilaterales Licht ist unrichtig, sobald nicht die rechtsseitigen Fenster sehr stark zurücktreten; denn es kommt dabei immer zu einem deutlichen Schatten der Hand auf dem Papier, und zwar bei den am weitesten rechts sitzenden Schülern am stärksten.

Die einzig richtige Art der Beleuchtung ist entweder der Lichteinfall von links oder Oberlicht. Bei letzterem findet allein eine völlig gleichmässige Vertheilung des Lichtes statt, es bestehen keine besseren und schlechteren Plätze, und auch die Tiefe des Zimmers ist so gut wie unbeschränkt. Jedoch ist die Einführung des Oberlichts nur in wenigen Räumen möglich, und somit sind wir gewöhnlich auf den Lichteinfall von der linken Seite her angewiesen.

Ob die nöthige Lichtmenge für jeden Platz geliefert wird, darüber sind vor dem Bau des Hauses Berechnungen nach der S. 422 beschriebenen Methode anzustellen. Nach Fertigstellung des Gebäudes ist die Lichtmenge für die ungünstigsten Plätze durch Raumwinkelmesser oder Photometer zu controliren (siehe S. 427). — Im Uebrigen sollen die Fenster mindestens 20 Procent der Bodenfläche des Zimmers ausmachen; ferner sollen sie nahe zusammengedrängt und nicht durch stärkere Pfeiler getrennt werden. Nach oben müssen sie möglichst hoch hinaufreichen; nach unten dagegen nicht zu weit hinabreichen, damit die horizontalen Strahlen, die nur blendend wirkend, abgehalten werden. Die das Fenster begrenzenden Pfeiler und Mauern sind nach innen abzuschrägen, um die Menge der in's Zimmer einfallenden Lichtstrahlen zu vergrössern. — Gegen directes Sonnenlicht gewähren Jalousieen und Marquisen einen wenig zweckmässigen Schutz, weil sie bei wechselnder Bewölkung fortwährend regulirt werden müssen. Am besten sind hellgraue Vorhänge, die in einem gewissen Abstand vor dem Fenster herabhängen und seitlich verschiebbar sind; dieselben können die durch einen Theil des Fensters einfallenden Sonnenstrahlen abblenden, während der andere Theil des Fensters frei bleibt und diffuses Tageslicht liefert.

In ungenügend belichteten Schulräumen hat man versucht, durch Hennig'sche Tageslichtreflektoren mehr Licht zu gewinnen. Dieselben bestehen aus einer drehbaren Glasplatte von der Breite des Fensters, die aussen vor dem oberen Fenstertheil in solchem Winkel angebracht sind, dass das auf die spiegelnd gemachte obere Fläche fallende Himmelslicht in das Zimmer reflektirt wird. Es kann dadurch wohl die allgemeine Helligkeit im Zimmer erhöht werden, dagegen gelingt es nicht, den Arbeitsplätzen mehr nutzbares Licht zuzuführen. Hierzu könnten event. geeignete Prismen benutzt werden. Doch ist eine ausreichende Hülfe auf diesem Wege überhaupt kaum zu beschaffen. —

Bezüglich der künstlichen Beleuchtung s. die S. 432 begründeten Anforderungen. — Bei der künstlichen Beleuchtung von Schulsälen (Hörsälen mit einer Mehrzahl von Lichtquellen hat man es bisher als einen Uebelstand empfunden, dass eine Lampe den Lichtbereich der anderen durch Werfen von Schatten (Hand, Kopf, Vormann u. s. w.) stört, und dass ein Theil der Schüler gezwungen wird, durch einige der Flammen hindurch oder an ihnen vorbei nach dem Vortragenden zu sehen. Man hat daher in neuerer Zeit versucht,

die künstliche Beleuchtung der natürlichen mit Tageslicht dadurch ähnlicher zu machen, dass man mittelst unter den Lampen angebrachter Reflektoren deren Licht in diffuses verwandelte, indem man es zwang, zunächst an die hellgeweisste Decke des Raums und von da in die unteren Partieen des Raums auszustrahlen (indirecte Beleuchtung). Bei den ersten Einrichtungen dieser Art ging viel Licht verloren; vortheilhafter ist der Oberlichtreflektor von Hrabowski (Siemens & Halske), bei welchem das Licht nicht gegen die Zimmerdecke, sondern auf einen grossen mattweissen Reflektor geworfen wird und von da in den Raum gelangt.

Die Heizung. Bezüglich der Heizung ist zu verlangen, dass die Temperatur während der ganzen Schulzeit und auf allen Plätzen des Schulzimmers nur zwischen 17 und 20° schwankt. Diese Forderung findet man jedoch sehr selten erfüllt; niemals bei den gewöhnlichen Oefen, die stets eine ausserordentlich verschiedene Vertheilung der Wärme veranlassen, ferner auch nicht bei schlecht betriebener Luftheizung. Für kleinere Schulen erweist sich als am besten geeignet eine Lokalheizung (vgl. S. 390), event. mit Gasöfen (S. 392). Grössere Schulen sind zweckmässig mit combinirter Centralheizung, und zwar Luftheizung und Wasserheizung oder Niederdruckdampfheizung zu versehen; bei der Anlage und dem Betrieb der Luftheizung sind alle oben (S. 397 aufgeführten Vorsichtsmaassregeln genau zu berücksichtigen.

Ventilation. Eine gute Ventilation der Schulräume ist besonders nothwendig, weil sie die Entwärmung und die Wasserdampfabgabe der Kinder ausserordentlich erleichtert, dadurch Wärmestauung verhütet und die Kinder frisch erhält. Ausserdem gelangen bei starker Füllung der Schulklassen relativ grosse Mengen gasförmiger Verunreinigungen in die Luft, so dass beim Betreten des Zimmers Belästigung und Ekelgefühl entsteht. — So viel als möglich ist die Produktion von übermässiger Wärme und von Verunreinigungen der Luft zu hindern; es ist dafür zu sorgen, dass die Mäntel der Kinder ausserhalb des Schulzimmers bleiben, insbesondere bei nassem Wetter; ferner sind die Schulbäder in möglichster Verbreitung einzuführen. Die Heizvorrichtungen müssen gut regulirt werden und sind derart zu behandeln, dass kein Staub und keine üblen Gerüche durch dieselben geliefert werden. Luftheizungsanlagen, deren Heizkammern und Kaloriferen nicht regelmässig gereinigt werden können, sind durchaus zu verwerfen.

Im Uebrigen sind die Ventilationseinrichtungen im Winter mit der Heizung zu verbinden in der S. 412 geschilderten Weise. Für den Sommer sind herabklappbare obere Fensterscheiben, jedoch nur mit seitlichen Schutzblechen zu benutzen, oder Aspirationskamine, in welchen für gewöhnlich durch den Wind, an windstillen Tagen aber durch

Lockfeuer (Gasflammen) resp. Wasserventilatoren der nöthige Auftrieb erzeugt wird. Sehr wichtig ist zur Beseitigung der producirten Wärme und Luftverunreinigung **gründliche** Lüftung des Schulzimmers durch Oeffnen von Fenster und Thür in **jeder** Pause zwischen zwei Unterrichtsstunden. Wo diese Vorschrift aufmerksam befolgt wird, ist eine Ventilation während der Stunden kaum mehr erforderlich.

Ueber **Abortanlagen** siehe S. 460.

B. Mobiliar und Utensilien.

Subsellien. Schulbänke, welche Lesen und Schreiben bei gerader Haltung des Oberkörpers gestatten, müssen:

1) Richtige **Distanz** haben, d. h. richtige horizontale Entfernung des vorderen Bankrandes vom inneren Tischrand. Ist diese Distanz positiv, wie bei den alten Schulbänken, so ist ein Vorbeugen des Oberkörpers unausbleiblich. Die Distanz soll vielmehr gleich Null, oder schwach negativ, z. B. — 2·5 cm, sein (in Fig. 154 ist Nulldistanz vorhanden, wenn der vordere Bankrand bis *a* vorragt; Plusdistanz, wenn derselbe nur bis *c* reicht; Minusdistanz, wenn er bis *b* vorgeschoben ist). Nulldistanz findet man bei der von FAHRNER construirten Schulbank, Minusdistanz bei allen neueren Constructionen von BUCHNER, COHN, KUNTZE, KAISER u. s. w.

Fig. 154. Schulbank.
b Minusdistanz. *a* Nulldistanz. *c* Plusdistanz. *a*—*d* Differenz.

Die Minusdistanz bringt den Nachtheil mit sich, dass die Schüler nur schwer in die Bank hinein und aus derselben heraus kommen und dass sie auf ihrem Platz nicht aufstehen können. Um dies zu ermöglichen, macht man die Bänke nur zweisitzig, so dass die Kinder, wenn sie aufgerufen werden, neben die Bank treten können. Da dieses Arrangement aber in vielen Fällen unausführbar ist, weil es zu viel Platz erfordert, so wird

entweder die Tischplatte zurückklappbar hergestellt und zwar der Länge nach getheilt, so dass das untere Dritttheil aufgeklappt und event. auch als Lesepult verwendet werden kann (FAHRNER, COHN); die Charniere werden jedoch leicht verdorben;

oder die Tischplatte ist verschiebbar; wird sie eingeschoben, so ist eine Plusdistanz von 10 cm vorhanden, so dass ein Aufstehen bequem möglich wird. Im ausgezogenen Zustande dagegen resultirt eine Minusdistanz bis 5 cm (Kuntze, Olmützer, Wiener Bank). Es treten leicht Betriebsstörungen ein, namentlich ist sehr gut getrocknetes Holz zur Anfertigung erforderlich.

Oder besser werden die Sitze beweglich eingerichtet. Früher construirte man die Sitze aufklappbar; jetzt werden dieselben entweder drehbar hergestellt, oder nach dem Muster der Kaiser'schen und der Hippauf'schen Bank, wo eine Leiste nahe dem Boden den Drehpunkt für eine Vor- und Rückwärtsbewegung der Einzelsitze resp. des Sitzbrettes bildet. Beim Aufstehen erhält der Sitz einen Stoss, der ihn nach hinten bewegt, beim Niedersitzen ist der Sitz vorzudrücken.

2) Richtige Differenz, d. h. richtiger vertikaler Abstand des inneren Tischrandes von der Bank (Fig. 154 *a—d*). Der zum Schreiben im Ellbogen gebeugte und etwas nach vorn geschobene Vorderarm soll ohne Hebung oder Senkung der Schulter auf die Tischplatte zu liegen kommen; also muss die Differenz gleich sein der bei frei herabhängendem Arm gemessenen Entfernung von der Bank bis zum Ellbogen plus einem Maass, das der Höherlage desselben beim Vorschieben zum Schreiben entspricht; dieses Maass ist zu 2 cm bestimmt. Im Ganzen beträgt die Differenz bei Knaben etwa 15 Procent, bei Mädchen 16 Procent der Körperlänge (bei letzteren etwas mehr wegen der dickeren Unterlage von Kleidung), z. B. für eine Körperlänge von 110—120 cm = 17 cm, von 121—131 cm = 18·5 cm, von 132—142 cm = 20 cm, von 143—153 cm = 21·5 cm.

3) Richtige Höhe des Sitzes. Ist der Sitz zu hoch, so setzt sich das Kind auf die vordere Kante der Bank und lehnt sich nach vorn, um mit den Füssen den Boden zu erreichen. Es soll jedoch bei gerader Haltung des Oberkörpers der Fuss mit ganzer Sohle auf dem Boden oder dem Fussbrett ruhen; daher muss die Sitzhöhe der Länge des Unterschenkels vom Hacken bis zur Kniebeuge entsprechen. Diese beträgt etwa $^2/_7$ der Körperlänge, aber mit einer kleinen Progression fortschreitend, für 110—120 cm Körperlänge = 33 cm, für 121—131 cm = 36·5 cm, für 132—142 cm = 40 cm, für 143—153 cm = 44 cm. Das Sitzbrett wird entweder geschweift oder erhält besser eine schwache Neigung nach hinten, so dass es dort einen Centimeter tiefer steht als vorn.

4) Richtige Lehne. Die beste Stütze des Oberkörpers wird erreicht durch eine Kreuzlehne, d. h. ein schmales Brett, welches sich

nur in der Höhe des Kreuzes hinzieht; oder aber durch eine geschweifte, im Kreuz vorspringende und oben zurückweichende Rückenlehne. Bei einer geraden Rückenlehne schwebt gerade der untere Theil der Brustwirbelsäule und die Lendenwirbelsäule frei zwischen Stütze und Bank. Neuerdings werden auch Schulbänke construirt (Schenk, Lorenz u. A.) mit stark zurückweichender Rückenlehne und lehnsesselartigem Sitz, so dass der ganze Oberkörper in allen Theilen gestützt wird. Es scheint bei dieser Stellung eine noch geringere Muskelanstrengung erforderlich zu sein, als bei Anwendung einer Kreuzlehne.

5) Die Tischplatte soll einen horizontalen Theil enthalten, der die Tintenfässer aufnimmt und 10 cm breit gerechnet wird. Der vordere Theil soll geneigt (und zwar 1 : 5 bis 1 : 4) und 35—40 cm breit sein. Für den Platz eines Kindes sind nicht unter 50 cm, bei grösseren Kindern nicht unter 60 cm Banklänge zu rechnen.

Da die Differenz und die Sitzhöhe der Subsellien nach der Grösse der Kinder bemessen werden muss, da aber in derselben Klasse gewöhnlich Kinder von sehr verschiedener Körpergrösse sitzen, so ist vom hygienischen Standpunkt aus unbedingt erforderlich, dass die Kinder einigermaassen nach ihrer Körpergrösse gesetzt werden, und dass sie den Platz auf der für sie passenden Bank ein- für allemal behalten. Das Setzen nach dem Ausfall der Censuren oder gar das Certiren ist mit diesen Forderungen der Hygiene nicht in Einklang zu bringen.

Schulutensilien. Als Wandtafeln sollen weisse Tafeln mit schwarzer Schrift benutzt werden; oder wenigstens mattschwarze, event. mit Schieferüberzug versehene Tafeln, auf welchen mit weicher weisser Kreide geschrieben wird. Bei einem Schulzimmer von 9 m Länge sollen die an der Tafel geschriebenen Buchstaben eine Höhe von mindestens 40 mm haben. — Schulbücher sollen ein rein weisses oder höchstens schwach gelbliches, von Holzstoff möglichst freies Papier haben von mindestens 0·075 mm Dicke. Die Grösse der Buchstaben ist so zu bemessen, dass das n nicht unter 1·5 mm hoch und dessen Grundstrich mindestens 0·3 mm breit ist; die Approche soll derart sein, dass 5—6 Buchstaben auf einen Centimeter kommen, der Durchschuss (Raum zwischen zwei Zeilen) soll 2·5—3·2 mm betragen. Nach H. Cohn prüft man, ob ein Schulbuch den hygienischen Anforderungen bezüglich des Drucks entspricht, am einfachsten dadurch, dass man ein Stück Papier mit einer 1 qcm grossen Oeffnung auf die Zeilen legt; es dürfen dann nicht mehr als 2 Zeilen sichtbar sein. — Die Schiefertafeln der Kinder sollen sobald als möglich durch Papier und Tinte

ersetzt werden, da allgemein brauchbare weisse Tafeln und dunkle Stifte noch nicht existiren. Tintenbuchstaben gleicher Grösse verhalten sich in Bezug auf ihre Wahrnehmbarkeit zu den auf der Schiefertafel geschriebenen Buchstaben wie 4:3, mit Bleistift geschriebene Buchstaben zu den letzteren wie 8:7.

Ein Nachtheil liegt in der jetzt noch fast überall gelehrten rechtsschiefen Currentschrift und in der schiefen Rechtslage des Schreibheftes. Bei ganz gerader Körperhaltung erscheint eine gerade mediane Lage des Heftes (vor der Mitte des Körpers) und eine Schrift von links oben nach rechts unten, oder wenigstens eine gerade Rechtslage des Heftes und eine fast senkrechte Schrift als die natürlichste. Rechtsschiefe Schrift ist bei medianer Lage des Heftes nur mit ermüdender Beugung des Handgelenks möglich; bei gerader Rechtslage des Heftes und noch mehr bei schiefer Rechtslage nur unter Verdrehung des Kopfes und des Oberkörpers oder der Augen derart, dass die Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen schliesslich parallel zur Zeilenrichtung verläuft.

Ferner ist ein möglichst ausgedehnter Gebrauch der deutlicher wahrnehmbaren lateinischen Lettern wünschenswerth.

Neuere Behauptungen über den Gehalt der Schultinte an pathogenen Bakterien beruhen durchaus auf Irrthümern. Die gebräuchlichen Tinten enthalten keine oder nur unverdächtige Keime.

C. Betrieb der Schulen.

Für die äussere Instandhaltung der Schule muss ein genügendes und sachverständiges Personal vorhanden sein. In sehr vielen Schulen ist dieser Forderung nicht genügt. Ein einziger Schuldiener soll oft in einem grossen Gebäude die Reinigung, Heizung und Ventilation besorgen, Pförtnerdienste verrichten und für Botengänge u. s. w. zur Disposition sein. Die schönsten Bauten und die kostspieligsten Heizanlagen werden durch eine solche falsche Sparsamkeit unbrauchbar gemacht und aller hygienischen Vortheile beraubt, die sie andernfalls gewähren könnten.

Für die Heizung grösserer Schulen, insbesondere für den Betrieb der Centralheizung, ist durchaus ein besonderer Heizer erforderlich (S. 397). — Von grosser Bedeutung ist auch ein ausreichendes Personal für die Reinigung der Schulzimmer, Corridore und Treppen. Dieselbe ist nicht nur vom ästhetischen Standpunkte aus wünschenswerth, sondern entschieden aus hygienischen Rücksichten. Wie oben betont, enthält der Staub der Schulzimmer häufig Contagien und ist stets infektions-

verdächtig. Es muss daher versucht werden, diesen Staub zu entfernen und stärkere Ansammlungen davon zu vermeiden. Da erfahrungsgemäss durch trockenes Auskehren nur ein sehr kleiner Theil des Staubes wirklich beseitigt, der Rest nur aufgewirbelt wird, sollten alle Räume mit abwaschbarem Fussboden womöglich täglich unter gelinder Anfeuchtung (mit feuchten Sägespänen) gereinigt, und wöchentlich einem gründlichen Abwaschen unterzogen werden. Letzteres muss sich auch auf das Mobiliar und den unteren Theil der Seitenwände erstrecken. Fussbodenanstriche, welche den Staub fixiren (s. S. 497), und bei denen trockenes Abkehren genügt, gewähren eine erhebliche Erleichterung der Reinigung. — Ferner ist dafür zu sorgen, dass die Kinder mit gut gereinigtem Schuhzeug die Schulzimmer betreten. Abtreter und Matten können nicht gross und häufig genug sein.

Auch der sonstige Betrieb der Schule bietet viele Angriffspunkte für die Hygiene, jedoch befinden sich manche der einschlägigen Fragen, z. B. über die zulässige Zahl von Schulstunden, über das richtige Maass der häuslichen Aufgaben u. s. w., noch im Stadium der Discussion. Betont sei die Nothwendigkeit von Zwischenpausen nach jeder Schulstunde; und zwar sind dieselben schon deshalb zu fordern, damit in den Pausen eine gründliche Durchlüftung der Schulzimmer erfolgen kann.

Für die bei Schulkindern auftretenden Ernährungsstörungen sind — neben einer gewissen Entlastung von Schularbeiten — körperliche Uebungen das beste Correktiv. Turnen, Schwimmen, Spaziergänge oder Spiele im Freien, sei es im Anschluss an die Schule oder in Folge der in der Schule gegebenen Anregung sind am ehesten im Stande, den Appetit wieder zu heben und den Ernährungszustand zu bessern. Wohl zu beachten ist, dass nach neueren sorgfältigen Beobachtungen die körperlichen Uebungen nicht eine Erholung, sondern stärkere Ermüdung des Centralnervensystems bewirken, und dass daher die Einschaltung von Turnstunden zwischen die anderen Unterrichtsstunden durchaus nicht einer geistigen Erholung gleich zu rechnen ist.

Für die Durchführung von Reformen ist eine Prüfung der progressiven geistigen Ermüdung bezw. Uebermüdung wichtig, welche die Schüler während der Schulstunden erfahren. Diese Prüfung kann geschehen: 1) durch das Aesthesiometer (Griesbach). Dasselbe ermittelt, in welchem Abstand zwei Zirkelspitzen auf bestimmten Hautstellen eben noch als getrennt empfunden werden. Bei geistiger Ermüdung wächst dieser Abstand um das 2- bis 4fache und mehr. Die Methode leidet jedoch an zahlreichen Fehlerquellen. 2) Durch Mosso's Ergograph; ein Gewicht, das an einer über eine Rolle gehenden Schnur hängt, wird in gleichmässigem Tempo durch Krümmung des

Mittelfingers, um den die Schnur gelegt ist, gehoben, bis die Hebung nicht mehr gelingt. Nach geistiger Anstrengung ist das Gehirn nicht mehr im Stande, so energisch und anhaltend Willensimpulse zu ertheilen; die Zahl der Hübe verringert sich daher. 3) Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde einfache Rechenexempel; es wird beobachtet, wie viel Exempel in 5 Minuten gerechnet werden und mit wie viel Fehlern. — Bei dieser Messung wird jedoch mit festen Associationen operirt, die noch geläufig sein können trotz erheblicher geistiger Ermüdung. 4) Den Schülern werden 6—10stellige Zahlen langsam vorgelesen; nach Beendigung des Vorlesens müssen sie auf ein gegebenes Zeichen die Zahl aus dem Gedächtniss niederschreiben. Die Zahl der Auslassungen und Fehler soll ein Maass der Ermüdung geben. Es wird hierbei jedoch nur die Merkfähigkeit gemessen, die trotz geistiger Ermüdung erhalten sein kann. 5) Prüfung der Combinationsfähigkeit durch sog. Ergänzungsaufgaben (Ebbinghaus). Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde ein Blatt, auf welchem ein Abschnitt aus einer für das Verständniss des Kindes passenden Erzählung oder Beschreibung abgedruckt ist, jedoch so, dass ganze Worte und zahlreiche Silben nicht ausgedruckt, sondern nur durch wagerechte Striche (für jede Silbe ein Strich) angedeutet sind. Die Schüler müssen innerhalb 5 Minuten so viel als möglich von diesen Lücken und so richtig als möglich ergänzen. — Die Ermüdung scheint bei Applikation dieser Methode am Besten zum Ausdruck zu kommen.

Die gesunde Mehrzahl der Schulkinder lässt nach den bisherigen noch unzureichenden Beobachtungen eine wesentliche Verringerung der geistigen Leistungsfähigkeit mit der Dauer des Unterrichts nicht erkennen. Wahrscheinlich betrifft die Uebermüdung nur schwächliche und nervöse Kinder, so dass durch eine mehr individualisirende Behandlung dieser eine Beseitigung der Schäden und Klagen erreicht werden könnte. — Die Einrichtung von Hülfsschulen oder Hülfsklassen für minderwerthige Kinder, wie sie in einzelnen Städten bereits getroffen ist, erscheint daher sehr empfehlenswerth.

Um die Ausbreitung ansteckender Krankheiten in der Schule zu hindern, haben 1) Kinder und Lehrer, bei welchen sich Verdachtsmomente für den bevorstehenden Ausbruch einer contagiösen Krankheit einstellen (Kopfschmerz, Schwindel, Frösteln, Fieber, Halsschmerzen u. s. w.), den Besuch der Schule zu unterlassen. 2) Sofort nach Ausbruch einer ansteckenden Krankheit ist der Polizeibehörde Anzeige zu erstatten. Die erkrankten Kinder und Lehrer sind für längere Zeit (bei Scharlach 6 Wochen, bei Masern und Diphtherie 4 Wochen, bei Keuchhusten so lange krampfartige Hustenanfälle bestehen) vom Schulbesuch auszu-

schliessen, 3) sind auch diejenigen Angehörigen der Erkrankten, welche mit ihnen zusammenwohnen und leicht Infektionskeime verschleppen könnten, für dieselbe Zeitdauer auszuschliessen; 4) ist zu verlangen, dass die Genesenen, resp. deren Angehörige die Schule nicht eher wieder betreten, als bis nachweislich eine vorschriftsmässige Desinfektion der Wohnung und Kleidung durch geschulte Desinfekteure stattgefunden hat; 5) bei stärkerer Ausbreitung contagiöser Krankheiten unter den Kindern einer Klasse ist die ganze Klasse resp. die Schule für einige Zeit zu schliessen und demnächst zu desinficiren; 6) in manchen Fällen wird es von Nutzen sein, wenn die Kinder, welche Diphtherie überstanden haben, während der ersten Tage des Schulbesuchs gleich nach dem Betreten der Schule angehalten werden, dort unter geeigneter Aufsicht eine Desinfektion der Hände mit 3 proc. Carbol, sowie eine Mundausspülung mit Sublimat 1:10 000 vorzunehmen. Die Maassregel erdordert nur 2—3 Minuten Zeit und beseitigt einen wesentlichen Theil der Infektionsgefahr. — Auch die vorläufige Separation solcher Kinder auf einer „Reconvalescenten-Bank“ würde von Vortheil sein. 7) Bezüglich der phthisischen Lehrer und Kinder s. Kap. X.

Mehrere dieser Maassregeln, insbesondere die Ausschlussbestimmungen, sind zum Theil insufficient, zum Theil übertrieben. Bei Diphtherie und Masern dauert die Lebensfähigkeit der Keime länger als die oben angegebene Ausschlussfrist; die Desinfektion in den Häusern der Erkrankten ist oft mangelhaft und entzieht sich der Controle; bei Keuchhusten dagegen scheint gerade im Stadium der krampfartigen Anfälle keine Ansteckung mehr stattzufinden. Gegen eine erhebliche Verschärfung der Maassregeln spricht indess einmal die dadurch hervorgerufene bedeutende Störung des Schulbetriebes, ferner die Erwägung, dass die Schule doch immer nur einen Bruchtheil der Infektionen, und vielleicht sogar einen relativ unbedeutenden vermittelt. Fehlt es doch nicht an Beobachtungen, die darauf hinweisen, dass gerade der Schluss einer Klasse zuweilen befördernd auf die Verbreitung einer contagiösen Krankheit wirkt, weil die Kinder alsdann mehr Zeit und Gelegenheit haben, sich bei den Besuchen in den Wohnungen zu inficiren. — Ferner ist zu erwägen, dass bei den meisten der genannten Krankheiten beim ersten kaum merkbaren Beginn der Krankheitserscheinungen die Ansteckung besonders leicht erfolgt. — Trotzdem wird zweifellos daran festzuhalten sein, dass die Schule ihrerseits so viel als irgend möglich, und so weit es mit den wesentlichsten Zwecken der Schule vereinbar ist, der Verbreitung von Contagien unter den Schülern entgegenwirken muss. Finden auch viele Kinder in Folge eines gewissen Mangels an Vorsicht und Beaufsichtigung ausserhalb der Schule Gelegenheit zur Infektion und wird auch wirklich der Procentsatz der Erkrankten bei strengen Maassregeln in der Schule kein wesentlich geringerer, so sind diese Maassregeln doch schon um deswillen aufrecht zu erhalten, weil diejenigen Eltern, welche ausserhalb der Schule ihre Kinder gewissenhaft behüten, einen entschiedenen Anspruch darauf haben, dass ihre Kinder in der Schule nicht von einer leicht vermeidbaren Infektionsgefahr bedroht werden.

Schulärzte. Von grosser hygienischer Bedeutung ist die mehr und mehr sich ausbreitende Anstellung von Schulärzten. Ursprünglich sollte denselben die Ueberwachung der hygienischen Einrichtungen der Schule und der prophylaktischen Maassnahmen bei Infektionskrankheiten zufallen, wozu sie allerdings über eine gründliche hygienische Durchbildung verfügen müssten. Neuerdings ist aber besonderen Schulärzten vor allem eine Controle des Gesundheitszustandes der Schüler übertragen, die für die individuelle Hygiene der Schulkinder und für die frühzeitige Bekämpfung von Krankheiten von entschiedenem Nutzen ist. — Im Folgenden sei auszugsweise die Instruction mitgetheilt, welche in Wiesbaden, der Stadt, welche zuerst eine solche Einrichtung traf, für die Schulärzte erlassen ist:

1) Die Schulärzte haben die Aufgabe: den Gesundheitszustand der ihnen zugewiesenen Schüler zu überwachen und bei der ärztlichen Revision der zur Schule gehörenden Räumlichkeiten und Einrichtungen mitzuwirken, und sind demgemäss verpflichtet, alle in diese Aufgabe fallenden Aufträge des Magistrats auszuführen. Insbesondere gelten hierbei die nachfolgenden Vorschriften:

Die Schulärzte haben die neueintretenden Schüler genau auf ihre Körperbeschaffenheit und ihren Gesundheitszustand zu untersuchen[1], um festzustellen, ob sie einer dauernden ärztlichen Ueberwachung oder besonderen Berücksichtigungen beim Schulunterricht (z. B. Ausschliessung vom Unterricht in einzelnen Fächern, wie Turnen und Gesang, oder Beschränkung in der Theilnahme am Unterricht, Anweisung eines besonderen Sitzplatzes wegen Gesichts- oder Gehörfehlern u. s. w.) bedürfen.

Ueber jedes untersuchte Kind ist ein, dasselbe während seiner ganzen Schulzeit begleitender „Gesundheitsschein" auszufüllen. Erscheint ein Kind einer ständigen ärztlichen Ueberwachung bedürftig, so ist der Vermerk „ärztliche Controlle" auf der ersten Seite oben rechts zu machen. Die Spalte betr. „allgemeine Constitution" ist bei der Aufnahmeuntersuchung für jedes Kind auszufüllen, und zwar nach den Kategorieen „gut, mittel und schlecht."

Die Bezeichnung „gut" ist nur bei vollkommen tadellosem Gesundheitszustand, und „schlecht" nur bei ausgesprochenen Krankheitsanlagen oder chronischen Erkrankungen zu wählen. Die anderen Rubriken werden nur im Bedürfnissfalle ausgefüllt, und zwar bei der Aufnahmeuntersuchung, oder auch bei im Laufe der späteren Schuljahre bemerkbar werdenden Erkrankungen.

Die Wägungen und Messungen werden von den betr. Klassenlehrern vorgenommen und sind in jedem Halbjahre in die betr. Spalte einzutragen (Abrundung auf $^1/_2$ cm und $^1/_4$ kg). Brustumfang wird vom Arzte gemessen, jedoch nur bei Kindern, die einer Lungenerkrankung verdächtig sind.

---

[1] Die Untersuchung hat sich zu erstrecken auf: Grösse, Gewicht, Ernährungszustand, Reinlichkeit (Ungeziefer), Verkrümmung der Wirbelsäule, Brustumfang, Unterleibsbruch (bei Knaben), Ohr und Gehör, Auge und Sehfähigkeit, Sprache (Stotternde), Nase und Nasenrachenraum, Mundhöhle und Gebiss; ferner auf Symptome von chronischen Krankheiten wie Anämie, Skrophulose, Tuberculose, Herzfehler, Epilepsie.

2) Alle 14 Tage — wenn ansteckende Krankheiten auftreten, auch häufiger — hält der Schularzt an einem mit dem Schulleiter vorher verabredeten Tage in der Schule Sprechstunden ab. Hierzu ist, wenn irgend möglich, dem Arzte ein eigenes Zimmer zur Verfügung zu stellen. Wünscht der Arzt an einem anderen als dem verabredeten Tage die Schule zu besuchen, so hat er dies mindestens 3 Tage früher dem Schulleiter mitzutheilen.

Bei unvorhergesehenen Behinderungen gilt der nächstfolgende Wochentag als Besuchstag.

Die erste Hälfte der Sprechstunde dient zu einem je 10—15 Minuten-Besuche von 2—5 Klassen während des Unterrichts. Jede Klasse soll, wenn möglich, zweimal während eines Halbjahres besucht werden. Bei diesen Besuchen werden sämmtliche Kinder einer äusseren Revision unterzogen; bei besonderen, zu sofortiger Besprechung geeigneten Beobachtungen wird von dem Lehrer Auskunft gefordert und ihm solche auf Verlangen ertheilt.

Erscheinen hierbei einzelne Kinder einer genaueren Untersuchung bedürftig, so ist diese nachher in dem ärztlichen Sprechzimmer vorzunehmen.

Gleichzeitig dienen diese Besuche auch einer Revision der Schullocalitäten und deren Einrichtung, sowie der Ventilation, Heizung, körperlichen Haltung der Schulkinder u. s. w.

In der zweiten Hälfte der Sprechstunde sind etwa erforderliche genauere Untersuchungen vorzunehmen.

Die ärztliche Behandlung erkrankter Schulkinder ist nicht Sache des Schularztes. Solche Kinder sind vielmehr an ihren Hausarzt oder den zuständigen Armenarzt resp. an einen Specialarzt event. die Poliklinik zu verweisen.

3) Die Gesundheitsscheine sind in den betr. Klassen in einem dauerhaften Umschlage aufzubewahren, und bleiben, so lange sie nicht von dem Schulinspector eingefordert werden, in der Schule.

Die Scheine mit dem Vermerk „Aerztliche Controle" sind dem Arzte bei jedem Besuche in der Klasse vorzulegen.

Tritt ein Kind in eine andere Klasse über, so ist sein Gesundheitsschein dahin durch den Schulleiter zu übersenden.

4) Die Schulärzte haben auf Antrag des Schulleiters einzelne Kinder in ihrer Wohnung zu untersuchen, um, falls die Eltern kein anderweites genügendes ärztliches Zeugniss beibringen, festzustellen, ob Schulversäumniss gerechtfertigt ist.

5) Die Schulärzte haben mindestens einmal im Sommer, einmal im Winter die Schullokalitäten und deren Einrichtungen zu revidiren. Die hierbei, wie bei den sonstigen Besuchen gelegentlich gemachten Beobachtungen über die Beschaffenheit der zu überwachenden Gegenstände, sowie über Handhabung der Reinigung, Lüftung, Heizung und Beleuchtung und die etwa an diese Beobachtungen sich anschliessenden Vorschläge sind von den Schulärzten in das für diesen Zweck bei dem Schulleiter aufliegende Buch einzutragen.

II. Krankenhäuser.

Beim Bau eines Hospitals müssen folgende Gebäude resp. Räume vorgesehen werden: 1) Die zur Aufnahme der Kranken dienenden Säle und Zimmer, 2) Zimmer für die Verwaltung (Bureaux), die Wohnungen

der Verwaltungsbeamten, 3) Räume für den Wirthschaftsbetrieb (Küche, Wäsche u. s. w.), die gewöhnlich in einem besonderen Oekonomiegebäude vereinigt werden; in dessen Nähe ist der Eiskeller anzulegen, 4) Zimmer für Aerzte, Wärter und Wärterinnen, 5) eine Desinfektionsanstalt, 6) ein Leichenhaus und 7) eine Pförtnerwohnung.

Der Bauplatz ist nach den S. 348 aufgeführten Principien auszuwählen und zu aptiren. Die Lage soll möglichst frei, fernab von geräuschvollen Strassen und jedenfalls nur an einer Seite durch Anhöhen, Bäume oder Gebäude begrenzt sein.

Die Grösse des Baus berechnet sich in der Weise, dass für jeden Kranken etwa 160 qm Baufläche bemessen werden. — Damit nicht zu grosse Gebäude und zu weite Wege entstehen, wird in grösseren Städten im Allgemeinen eine Decentralisation und eine Anlage von Krankenhäusern an verschiedenen Punkten der Peripherie angestrebt; bei guten Communicationsmitteln sind indess auch grosse centrale Anlagen nicht von Nachtheil, zumal sie im Betriebe eher billiger sind als kleinere Hospitäler.

Bezüglich der Grundform des Gebäudes unterscheidet man: 1) das Corridorsystem (Fig. 155). Bei demselben liegen die Krankenzimmer unmittelbar neben einander und an einem gemeinsamen Corridor, und das Gebäude hat mehrere Stockwerke. Dasselbe wird entweder in Linienform gebaut, oder in H-Form oder in Hufeisenform, zuweilen auch wohl als geschlossenes Viereck oder in Kreuzform. 2) Das Pavillonsystem. Dasselbe ist namentlich in Aufnahme gekommen seit dem Bau des Hospitals Lariboisère in Paris im Jahre 1858. Das Krankenhaus wird bei diesem System in mehrere Gebäude zerlegt und zwar sind diese entweder Baracken, d. h. Pavillons von nur einem Stockwerk, die einen oder zwei Krankensäle enthalten, ausserdem Bad Abort, Theeküche und Wärterraum; oder Pavillons mit zwei Stockwerken, im Uebrigen eingetheilt wie die Baracken; oder sogenannte Blocks, Gebäude mit mehreren Stockwerken, in deren jedem mehrere durch Corridore verbundene Krankenzimmer liegen. — Den Pavillons giebt man mindestens einen derartigen Abstand von einander, dass derselbe der doppelten Höhe der Gebäude gleich ist. Entweder liegen die einzelnen Pavillons ganz frei (Fig. 157), oder es führen lange, gedeckte Gänge an ihrer Giebelseite entlang und sind mit den einzelnen Pavillons durch kurze Seitencorridore verbunden (Fig. 156). Wenn

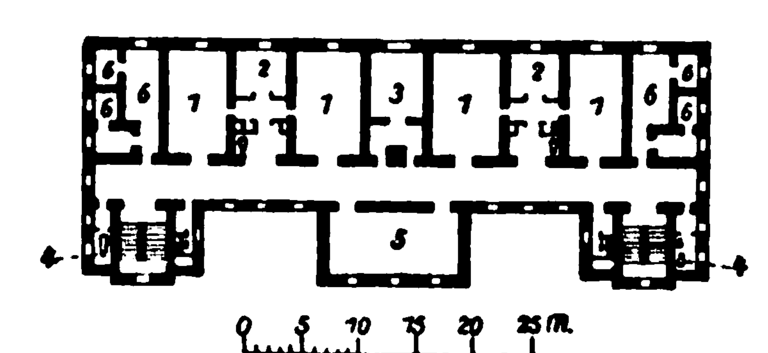


Fig. 155. Krankenhaus, Corridorsystem. 1 Krankenzimmer. 2 Wärterzimmer, davor Theeküchen. 3 Operationszimmer. 4 Badezimmer. 5 Kapelle. 6 Einzelzimmer.

irgend möglich, verlegt man in das Centrum der ganzen Krankenhausanlage das Oekonomiegebäude; das Verwaltungsgebäude lässt man die Strasse berühren; an einer anderen Stelle der äussersten Peripherie wird das Leichenhaus errichtet. Im Uebrigen werden die einzelnen Pavillons in sehr verschiedener Anordnung auf dem ganzen Terrain vertheilt.

Das Pavillonsystem verdankt seine Bevorzugung innerhalb der letzten Jahrzehnte vor Allem der Anschauung, dass dieses System die Ansteckungsgefahr völlig aufhebe. Zu dieser Rolle soll es namentlich befähigt sein, wenn gar keine Corridore die Baracken verbinden. Die genauere Erkenntniss der Infektionsvorgänge musste jedoch zu der Ueberzeugung führen, dass die grössere räumliche Entfernung der Krankenräume von einander für den Schutz gegen Uebertragung der Infektionserreger keineswegs ausreicht, sondern dass es ausserdem immer auf eine zweckmässige Beseitigung und Vernichtung der

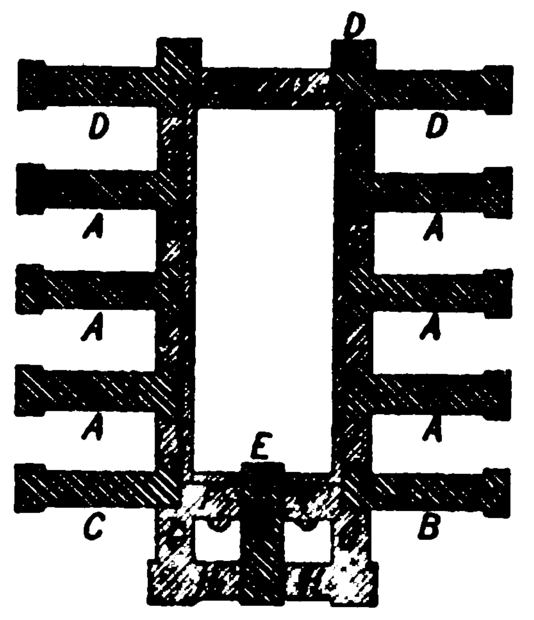


Fig. 156. Hospital Lariboisière.
A Krankenpavillons (3 stöckig).
B Wärterinnen. *C* Wäsche.
D Verwaltung. *E* Kapelle.
F Bäder. *G* Operationszimmer.
H Depots.

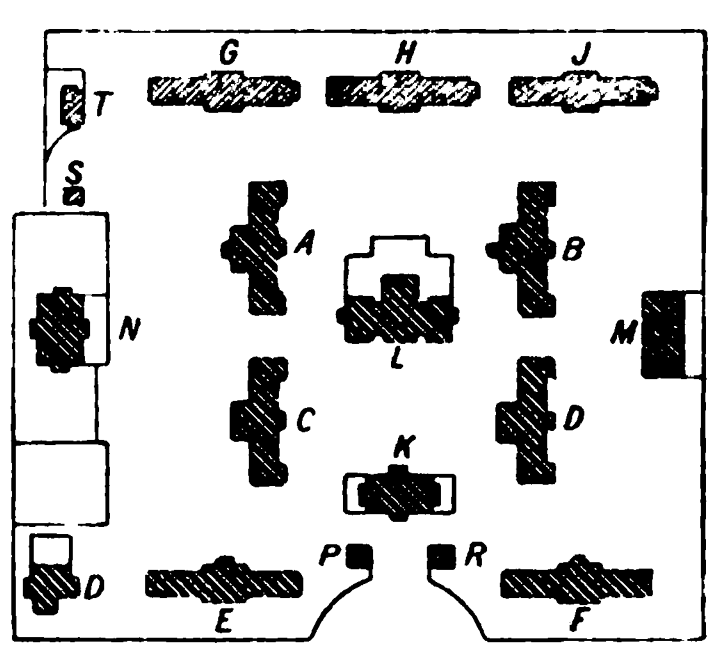


Fig. 157. Berliner Garnisonlazareth.
A—*F* 2stöckige Krankenpavillons.
G—*J* 1stöckige Isolirpavillons. *K* Verwaltung.
L Oekonomie. *M* Magazin. *N* Beamte.
O Aerzte. *P* Wache. *R* Remise. *S* Eishaus.
T Leichenhaus.

Infektionsquellen und auf eine Hinderung der Verschleppung durch Aerzte, Wärter, Utensilien u. s. w. ankommt. In der That hat die praktische Erfahrung gezeigt, dass bei einer richtigen Desinfektion und zweckentsprechenden Prophylaxis ein Corridorhospital oft bessere Erfolge aufweist, wie ein schlecht geleitetes Barackenlazareth. Mehrfach ist es vorgekommen, dass in einem Hospital fortwährend Infektionen stattfanden und dass dasselbe deshalb für völlig unbrauchbar erklärt wurde. Man glaubte dann, der Grund hierfür liege nur darin, dass das Hospital auf schlechtem Boden stehe, oder unrichtig gebaut sei u. s. w. Sobald aber ein Wechsel des dirigirenden Arztes eintrat, geeignete prophylaktische Maassregeln eingeführt und das Wartepersonal richtig geschult wurde, zeigte dasselbe Hospital die günstigsten Resultate. — Eine bedeutende Erleichterung des Schutzes gegen Uebertragungen wird durch eine stärkere räumliche Trennung der Kranken, wie sie das Pavillonsystem bewirkt, zweifellos gewährt. Ausserdem aber ist es bei der Pavillonbauweise weit eher möglich, jedem einzelnen Kranken zweckmässiges Licht und ausgiebig Luft zuzuführen; und aus diesen Gründen verdient das Pavillonsystem in erster Linie berücksichtigt zu werden.

Eine Unterkellerung der Baracken und Pavillons kann fehlen; allerdings muss dann für eine gute Abdichtung gegen den Untergrund gesorgt sein; ausserdem empfiehlt es sich, in diesem Fall wo möglich Fussbodenheizung einzuführen.

Die Baracken werden aus dünnen Wandungen hergestellt. Als Baumaterial für Seitenwände, Dach und Fussboden empfiehlt sich leichtes künstliches Steinmaterial in doppelten Lagen, zwischen welchen eine Luftschicht bezw. feinporiges Füllmaterial gelassen wird (z. B. Gypsdielen, Korksteine, Xylolith, Faserplatten u. s. w.). — Bei allen Krankenhäusern müssen die Wände, Decken und Fussböden luft- und wasserdicht gearbeitet sein. Poröses Material bietet leicht die Ablagerungsstätte für Staub und Contagien, und ist verhältnissmässig schwer vollständig zu reinigen und zu desinficiren. Die Decken sollen daher einen Gypsverputz mit Wasserglaszusatz erhalten. Derselbe Verputz oder aber ein Oelfarbenanstrich soll an den Wänden angebracht werden, so dass die sämmtlichen Begrenzungen des Zimmers leicht mit Wasser oder desinficirenden Lösungen abgewaschen werden können. Für den Fussboden ist entweder hartes, mit Leinöl getränktes Holz, besser aber Asphalt oder Mettlacher Fliesen, resp. Terrazzo (mittelgrosse Marmorstücke mit Cementmörtel verbunden) zu verwenden. Wegen der besseren Wärmeleitung der letztgenannten Steinmaterialien ist ihre Verwendung an die gleichzeitige Einführung von Fussbodenheizung gebunden, oder die Fussböden müssen wenigstens mit Linoleumteppichen bedeckt werden. Die Reinigung des Zimmers lässt sich noch dadurch erleichtern, dass längs der Wände ausgerundete Scheuerleisten hinlaufen, die mit genügendem Gefälle zu den Canälen hinführen.

Die Himmelsrichtung der Fenster des Krankensaals geht am Besten nach Süden oder bei völlig freiem Horizont nach Norden, bezw. nach Südost—Nordwest. Bei Pavillons, welche Fenster an beiden Längsseiten haben, ist diese Anordnung allein zulässig, da bei einer reinen Ost-West-Lage die Kranken durch die den ganzen Tag über tief in's Zimmer eindringende Sonne ausserordentlich belästigt werden würden.

Die Fenster sollen mindestens gleich $^1/_6$ der Bodenfläche sein; im Uebrigen gilt bezüglich ihrer Anordnung, der Vorhänge u. s. w. das bei den Schulen Gesagte.

Die Grösse des Krankensaals berechnet sich nach dem Grundsatz, dass der Kranke stündlich 80—120 cbm Luft zugeführt erhalten soll, dass aber die Ventilation für gewöhnlich höchstens eine zweimalige Lufterneuerung pro Stunde leistet. Daraus ergiebt sich ein nothwendiger Cubikraum von 40—60 cbm; bei einer Höhe der Zimmer von 4·5 m entfallen demnach pro Bett 9—13 qm Fussbodenfläche.

Die Raumvertheilung fällt bei Corridorbauten je nach der Grösse und speciellen Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden aus. Einigermaassen uniform ist die Einrichtung der Pavillons und Baracken (vgl. Fig. 158a u. b). Ausser dem eigentlichen Krankensaal enthalten sie regelmässig einen Raum für den Wärter; ferner eine Theeküche, die als Spülzimmer und Aufwaschraum dient und in der sich ausserdem ein Wärmeschrank, Gaskocher u. s. w. befindet; endlich ein Closet und neben diesem wo möglich einen Vorraum, in dem alle Stechbecken u. s. w. aufbewahrt und desinficirt werden können. Ausserdem hat sich in vielen Krankenhäusern die Anlage eines sogenannten Tageraums an jedem grösseren Krankensaal resp. in jedem Pavillon bewährt, der für den Aufenthalt der leichter Erkrankten und der Reconvalescenten während des Tages dient. Derselbe ist gewöhnlich mit einer Glaswand, welche Schiebe- und Klappfenster trägt, gegen aussen abgeschlossen; Marquisen müssen zum Schutz gegen Sonnenstrahlen angebracht sein. Entweder sind Galerien an der Längsseite der Baracke in solcher Weise zu Reconvalescentenräumen hergerichtet oder die beiden Giebel resp. einer derselben ist wesentlich verbreitert und mit einer Art Vorbau versehen (Fig. 158 a u. b.).

1 0 5 10 m

Fig. 158 a. Charité-Baracke, Querdurchschnitt.

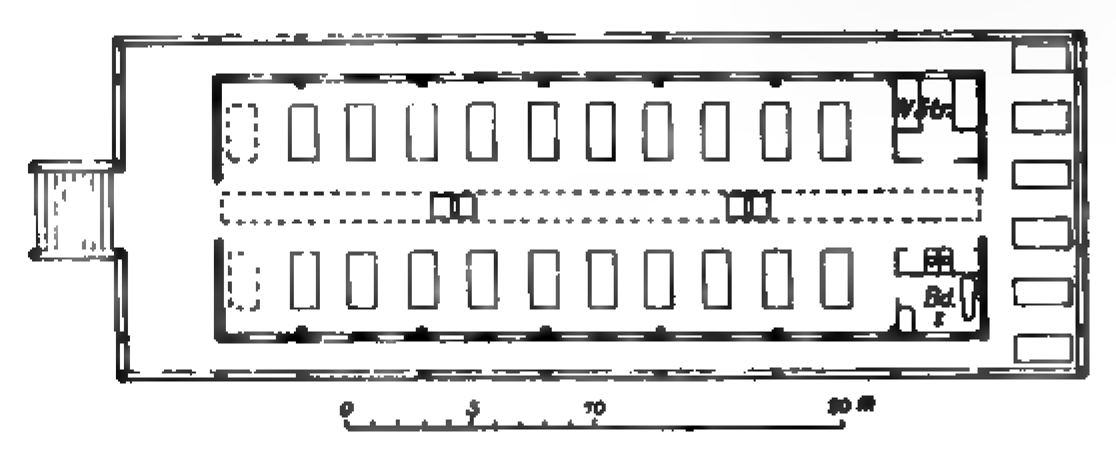


Fig. 158 b. Charité-Baracke, Grundriss.

Heizung. Luftheizung ist für die Zwecke der Ventilation (s. unten) kaum zu umgehen; sie muss gut angelegt und sorgfältig betrieben werden; meist muss sie unterstützt werden durch Dampfheizung oder Oefen. Fehlt die Luftheizung, so muss die Warmwasserheizung oder Niederdruckdampfheizung mit guter Luftzufuhr verbunden werden;

oder Mantelöfen müssen für Ventilation und Circulation einstellbar sein. Speciell gerühmt wird für die Baracken solcher Krankenhäuser, welche nicht auf möglichst billige Einrichtungen angewiesen sind, die sog. Fussbodenheizung. Dieselbe setzt feuersichere dichte Steinfussböden voraus, welche die schon erwähnten Vorzüge haben, dass sie sich sehr leicht reinigen und desinficiren lassen und deren einziger Nachtheil, der einer zu energischen Wärmeleitung, eben durch die Beheizung in Fortfall kommt. Die Anordnung einer Fussbodenheizung ist so, dass unter dem Fussboden sich 75 cm hohe bekriechbare Gänge hinziehen, deren Boden und Decken mit Cement gedichtet sind und deren Decke ausserdem durch eine Eisenconstruction gestützt ist. In den Canälen liegen frei auf Eisenschienen die Heizrohre, die entweder von einer Heisswasser- oder von einer Dampfheizung aus geheizt werden.

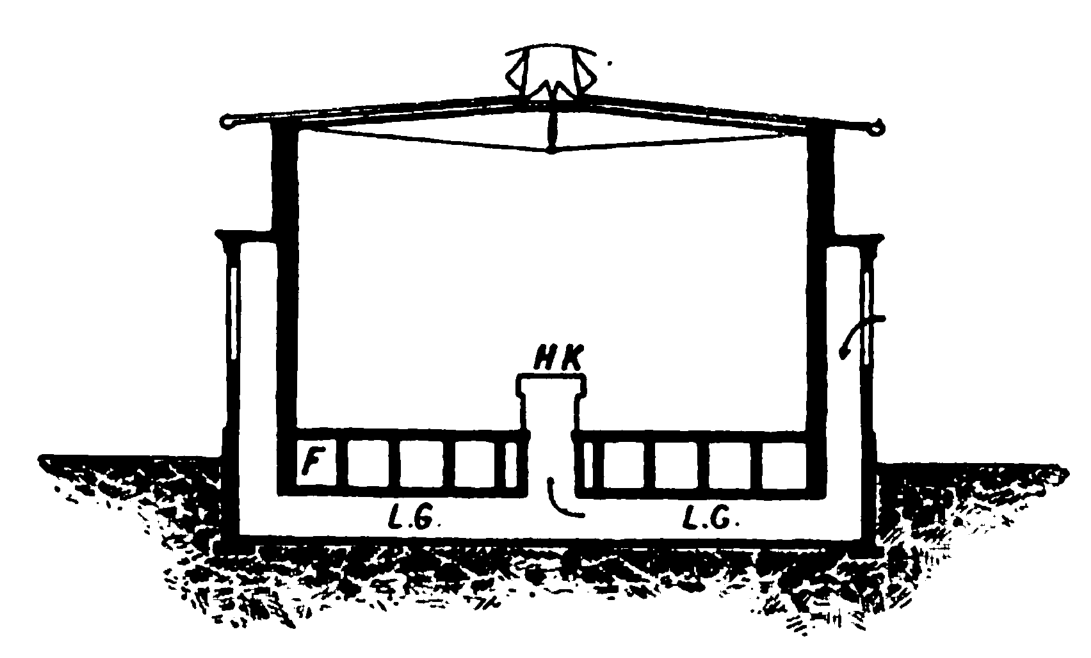


Fig. 159. Baracke des Hamburger Krankenhauses. *F* Fussbodenheizung. *LC* Canal für die Zufuhr frischer Luft. *HK* Heizkörper zur Vorwärmung der Luft.

Eine gute Ventilation der Krankenhäuser ist wegen der Menge der dort sich entwickelnden üblen Gerüche unbedingt erforderlich. Im Winter stösst eine genügende Ventilation auf keine Schwierigkeiten, da man in der continuirlichen Heizung einen hinreichend ausgiebigen Motor besitzt; im Sommer dagegen und in der Uebergangsperiode pflegt man nur die Wirkung des Windes auf Dachreiter oder Schornsteine mit Saugaufsätzen auszunutzen; SHERINGHAM'sche Klappen sollen als Eintrittsöffnungen für die Luft dienen. Bei windstillem Wetter leistet diese Ventilation entschieden zu wenig, und Gasflammen oder geheizte Kamine oder Wasserventilatoren sollten unbedingt für die heizfreie Zeit in Reserve gehalten werden. Ferner sind die Kippfenster, unter denen Betten stehen, unbedingt mit ausreichenden Schutzvorrichtungen zu versehen, um das Herabfallen der kalten Aussenluft zu verhüten. — Sorgfältig zu beachten ist, dass Räume mit starker Geruchsentwicklung nicht durch Pulsion, sondern durch Aspiration gelüftet werden (siehe S. 407). — Dass die Ventilation nicht etwa im Stande ist, desinficirend zu wirken, und daher für Räume, in denen ansteckende Kranke untergebracht sind, keineswegs besonders verstärkt zu werden braucht, ist bereits S. 418 ausführlicher dargelegt.

Das Mobiliar der Krankenzimmer soll so beschaffen sein, dass es möglichst wenig zu Staubablagerungen Anlass giebt, leicht zu reinigen und leicht zu desinficiren ist. Gebeizte oder gestrichene Holzmöbel gestatten eine solche Desinfektion in genügender Weise.

Noch weiter gehende und wohl nicht absolut nothwendige Vorsichtsmaassregeln sind bei der Beschaffung des Mobiliars für das neue Hamburger Krankenhaus angewendet worden. — Die Betten sind dort aus eisernem Gestell und zwar aus dickem, gebogenem Gasrohr, welches mit heller Oelfarbe gestrichen ist. In dieses Gestell werden als Rahmen vier einzeln herausnehmbare, geölte und lackirte Tannenholzbretter eingelegt, die in der Mitte nur 12 cm hoch sind; ferner wird eine Sprungfedermatratze verwendet von nur 1—2 cm Höhe. Dieselbe stellt ein Netz aus horizontal gelagerten Spiralfedern dar. Durch diese Construction ist der tiefe Bettkasten, der sonst schwer zu reinigen ist, vermieden. Ausserdem ist ein grosser Abstand unter dem Bett bis zum Fussboden erzielt, so dass auch dort die Reinigung sehr leicht vorgenommen werden kann. Auf dem Sprungfederrahmen liegt eine Wollmatratze; als Bedeckung werden nur weisse wollene Decken gewährt. Die gesammten Betten lassen sich leicht im Dampfofen desinficiren. Die Wollmatratzen bedürfen einer häufigeren Aufarbeitung, für welche aber in einem Krankenhaus reichliches Personal zur Verfügung zu sein pflegt. — Zu jedem Bett gehört noch ein Tisch und ein Stuhl; bei ersterem sind die Beine aus Gasrohr, die Platte aus Rohglas. Die Stühle haben ebenfalls ein Gestell aus Gasrohr und einen geschweiften Holzsitz und Lehne, die mit Oelfarbenanstrich versehen sind. Nirgends finden sich enge Fugen, so dass jede Stelle der Möbel auf das leichteste abgewaschen werden kann.

Im Betrieb des Krankenhauses ist vor Allem auf penibelste Reinlichkeit zu achten. Jede Staubbildung ist zu vermeiden; Fussböden und Möbel sind stets feucht, niemals trocken zu reinigen; alle Infektionsquellen, wie Eiter, Fäces u. dgl., sind sofort zu zerstören; beschmutzte Leib- oder Bettwäsche von Infektionskranken ist in gesonderten Behältern unter Befeuchtung mit Carbolwasser oder Sublimatlösung aufzubewahren (vgl. Kap. X). Sehr empfehlenswerth ist die Aufnahme aller Sputa und dgl. in verbrennbaren Karton-Spucknäpfen; s. unter „Tuberkulose“. — In jedem grösseren Krankenhaus muss sich eine Desinfektionsanstalt und eine Colonne von geschulten Desinfekteuren befinden. Letzteren ist ausschliesslich die Abholung inficirter Wäsche, die Desinfektion der Krankensäle u. s. w. nach den unten gegebenen Vorschriften zu übertragen.

Isolirspitäler. Jedes grössere Krankenhaus muss über eine oder einige Baracken verfügen zur Aufnahme von Kranken, die besondere Infektionsgefahr bieten (Pocken-, Flecktyphus-, Cholerakranke u. s. w.). Derartige Baracken müssen von den übrigen Gebäuden des Krankenhauses mindestens 30 m Abstand haben: pro Bett rechnet man 200 qm Areal und 13 qm Fussbodenfläche des Krankenzimmers. Im Uebrigen sind

die oben betonten, zur Sicherung gegen Infektionsgefahr dienenden Einrichtungen (abwaschbare Fussböden, Wände, Möbel u. s. w.) bei den Isolirspitälern mit besonderer Sorgfalt in Anwendung zu bringen. — Das Wartepersonal ist unbedingt mit den Kranken zu isoliren; dementsprechend ist Wärterzimmer, Theeküche u. s. w. in der Isolirbaracke vorzusehen. Wünschenswerth ist ferner die Anbringung eines Vorraums, in welchem die Speisen und sonstigen Bedarfsgegenstände für den Kranken abgesetzt werden, und von wo gebrauchte Gegenstände, in Behältern mit desinficirenden Lösungen oder in mit Sublimatlösung befeuchtete Tücher eingehüllt, abgeholt werden. Der Wärter betritt den Vorraum zum Holen oder Bringen von Sachen erst nachdem er sich durch Abwaschen mit Sublimatlösung so viel als möglich desinficirt hat. Im Vorraum wird auch ein langer, abwaschbarer Kittel für den Arzt aufbewahrt, den derselbe vor dem Betreten des Krankenzimmers anlegt; vor dem Verlassen des letzteren wird der Kittel mit Sublimat gewaschen und demnächst im Vorraum wieder abgelegt.

Zur Improvisirung eines Isolirspitals, resp. zur Ergänzung einer zeitweise ungenügenden Anlage sind die neuerdings construirten zusammenlegbaren und transportablen Baracken sehr geeignet. Dieselben bestehen entweder aus einem leichten Holzgerüst, welches von aussen und innen mit gefirnisstem und feuersicher imprägnirtem Leinen überzogen ist; der Zwischenraum zwischen äusserem und innerem Ueberzug ist mit Filz ausgelegt (Döker's Baracke); oder die Wände stellen Rahmen dar, die innen mit Leinwand, aussen mit Dachpappe überspannt sind und dazwischen eine Luftschicht enthalten, die Rahmen werden in ein eisernes Gerüst eingesetzt (zur Nieden); oder die Wandungen sind aussen von Wellblech hergestellt (Grove). Solche Baracken lassen sich in wenigen Kisten verpacken und sind binnen 6—12 Stunden gebrauchsfertig aufzustellen. — Die Temperaturverhältnisse in den Baracken sind nicht günstig. Die Luftschichten sind zweckmässig durch feinporiges Füllmaterial (Kieselguhr und dgl.) zu ersetzen.

Litteratur. Schulen: H. Cohn, Lehrbuch der Hygiene des Auges, 1892. — Hittenkofer, Der Schulhausbau, 1887. — H. Cohn, Die Hygiene des Auges in den Schulen, 1883. — Burgerstein u. Netolitzky, Schulhygiene in Weyl's Handb. d. Hygiene, 1894. — Burgerstein, Suppl.-Band zu gen. Werke, 1901.

Krankenhäuser: Römer, Krankenhäuser, Deutsches Bau-Handbuch, Th. II. — Esse, Die Krankenhäuser, 1868. — Degen, Krankenanstalten, in v. Pettenkofer's u. v. Ziemssen's Handb. der Hygiene. — Gruber, Neue Krankenhäuser, Wien 1880. — Deneke, Das neue Krankenhaus zu Hamburg, Viert. f. öff. Ges. 1889. — Ruppel u. Merke, Krankenhäuser, in Weyl's Handb. der Hygiene, 1896. — Felix, Sörensen und Böhm, Ueber Isolirspitäler, Ber. d. 6. internat. hyg. Congr. zu Wien 1887.

Gefangenanstalten: Krohne, Die Gefängnissbaukunst, im Handbuch des Gefängnisswesens von v. Holtzendorff u. v. Jagemann, 1888. — Baer, Gefängnisshygiene, im Handbuch d. Hygiene, 1882.

Militärhygiene: Kirchner, Grundriss der Militär-Gesundheitspflege, Braunschweig 1891—96.

Andere öffentliche Anstalten: v. Pettenkofer's und v. Ziemssen's Handbuch der Hygiene, 1882. — Weyl's Handb. d. Hygiene. 1894—96.

Neuntes Kapitel.

Beruf und Beschäftigung (Gewerbehygiene).

Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, dass die Entstehung zahlreicher Krankheiten auf die Beschäftigungsweise der Erkrankten zurückzuführen ist. Vielfach hat die Beschäftigung ausschliesslich und trotz der im Uebrigen günstigen hygienischen Verhältnisse die Krankheit hervorgerufen; oft tragen nebenbei Mängel der Wohnung, Nahrung, Hautpflege u. s. w. die Schuld.

Auch die Statistik vermag einen bedeutenden Einfluss der Beschäftigung auf die gesammte Mortalität und auf die Frequenz einzelner Krankheiten zu erweisen. Als Beispiel möge die folgende (englischen Beobachtungen aus dem Jahre 1860—61 entnommene) Tabelle dienen:

	Sterblichkeitsprocente im Alter von				
	25—35 J.	35—45 J.	45—55 J.	55—65 J.	über 65 J.
Ganze Bevölkerung . .	0·92	1·27	1·71	3·05	6·97
Schneider	1·16	1·29	1·86	3·3	6·93
Schuster	0·93	1·11	1·58	3·0	6·9
Tischler	0·77	0·98	1·54	2·8	5·95
Bäcker	0·79	1·27	1·82	3·46	7·28
Schlächter	0·96	1·50	2·09	3·78	8·02
Schmiede	0·84	1·09	1·74	3·14	6·96
Landleute	0·86	0·83	1·24	2·31	5·75

Neuere Zusammenstellungen von Ogle (auf dem internationalen hygienischen Congress in London) ergaben folgende Zahlen:

	Auf je 1000 Lebende der betreffenden Berufsklasse starben jährlich:		Relat. Sterblichkeit für 25—65jährige Männer, die bei Geistlichen beobachteteMinimalsterblichkeit = 100 gesetzt
	im Alter von 25—45 J.	im Alter von 45—65 J.	
Geistliche	4·6	15·9	100
Gärtner	5·5	16·2	108
Ländliche Arbeiter . . .	7·1	17·7	126
Schullehrer	6·4	19·8	129
Fischer	8·3	19·7	143
Tischler	7·8	21·7	148
Kohlengrubenarbeiter . .	7·6	25·1	160
Schuster	9·3	23·4	166
Bäcker	8·7	26·1	172
Schmiede	9·3	25·7	175
Schneider	10·7	26·5	189
Aerzte	11·6	28·0	202
Brauer	13·9	34·3	245
Feilenhauer	15·3	45·1	300
Gasthausbedienstete . . .	22·6	55·3	397

Eine genauere statistische Feststellung des Einflusses der Beschäftigung stösst auf grosse Schwierigkeiten und den bisher gewonnenen Zahlen haften sehr bedeutende Fehler an. Aus einigen wenigen Todesfällen wurde früher oft das durchschnittliche Alter beim Tode berechnet und dieses fälschlich der mittleren Lebensdauer gleichgesetzt. Selbst wenn nach einer korrekteren Methode gerechnet wird, so sind doch die Schlussfolgerungen mit grosser Vorsicht zu ziehen. So ist zu berücksichtigen, dass Viele einen bestimmten Beruf wählen, weil derselbe ihrer bereits vorher ausgebildeten schwächlichen oder kräftigen Constitution entspricht. Der Eine, von zartem Körper und vielleicht hereditär mit Phthise belastet, wählt mit gutem Grunde das Schneiderhandwerk, der Andere, kräftig und ohne erbliche Belastung, wird Schmied oder Schlosser. Stirbt der Erstere in jungen Jahren, so kann man ebenso wenig sagen, dass dies die Folge seiner Beschäftigung war, wie man die Gesundheit und Langlebigkeit des Anderen auf Rechnung seines Berufes setzen kann. — Ausserdem kommen die Erwerbsverhältnisse, welche der betreffende Beruf gerade bietet, wesentlich in Betracht. Ist in einem Distrikt das Angebot für eine bestimmte Beschäftigung sehr gross und der Lohn entsprechend niedrig, so liefert die Statistik schlechte Zahlen, aber unter anderen, günstigeren Verhältnissen zeigt derselbe Beruf vielleicht eine wesentlich geringere Morbidität und Mortalität.

Die hygienische Bedeutung der Berufsthätigkeit tritt naturgemäss in der Neuzeit um so mehr hervor, je mehr die Bevölkerungsziffer wächst, je mehr die Menschen sich in den Städten zusammendrängen und je energischer daher der Einzelne seine Kräfte anspannen muss, um sich eine Existenz zu schaffen. Dieser gesteigerte Einfluss der Be-

schäftigung auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der jetzigen Generation macht sich fast bei allen Berufsarten geltend. Nicht zum wenigsten werden davon die geistig Arbeitenden betroffen. Unter Beamten, Gelehrten, Officieren zeigen in den letzten Jahren Nervenkrankheiten und psychische Affectionen eine erschreckende Ausbreitung. Ernährungs- und Verdauungsstörungen, Augenleiden u. a. m. sind in zahlreichen Fällen auf eine derartige Berufsthätigkeit zurückzuführen. Leider stösst ein statistischer Nachweis der Krankheitsfrequenz auch bei dieser Kategorie von Arbeitenden auf grosse Schwierigkeiten, aber die ärztlichen Erfahrungen sprechen entschieden dafür, dass eine gewisse Entlastung und Schonung derselben dringend indicirt ist, sei es durch eine Herabminderung der an sie gestellten Anforderungen, sei es durch bessere Fürsorge für Ruhe oder sonstige Erleichterung ihrer Arbeit.

Das Interesse grösserer Kreise wendet sich indessen in unserem Jahrzehnt lediglich den in Gewerbebetrieben beschäftigten körperlich Arbeitenden zu, und insofern mit Recht, als diese den weitaus grösseren Theil der städtischen Bevölkerung ausmachen. Die Gewerbebetriebe haben ferner noch eine zweite hygienisch interessirende Seite, indem dieselben vielfach nicht nur auf die Arbeiter, sondern auch auf eine grosse Zahl umwohnender Menschen nachtheilig wirken. — Da die Hygiene des Berufs und der Beschäftigung zur Zeit geradezu identisch geworden ist mit einer Arbeiter- und Gewerbehygiene, soll auch in der folgenden Darstellung nur diese Art der Berufsthätigkeit eingehender berücksichtigt werden. Zuvörderst sind die Schädigungen der Arbeiter und die Ursachen der wichtigsten Arbeiterkrankheiten darzulegen; und zwar hängen diese theils von Mängeln der allgemeinen hygienischen Verhältnisse, theils unmittelbar von der Berufsthätigkeit ab. Sodann sind die Schädigungen, welche den Anwohnern aus gewissen Gewerbebetrieben erwachsen, zu erörtern und die Mittel zu ihrer Beseitigung anzugeben.

A. Aetiologie und Prophylaxis der Arbeiterkrankheiten.

I. Gesundheitsschädigungen durch die allgemeinen hygienischen Verhältnisse.

Unter Arbeiterkrankheiten im weiteren Sinne begreift man auch diejenigen Gesundheitsstörungen, welche nicht unmittelbar von der Beschäftigung abhängen, sondern auf einer Verschlechterung der allgemeinen Lebensbedingungen, der Ernährung, Wohnung, Hautpflege u. s. w. beruhen. Da sich die Einnahmen des Arbeiters stets um die Grenze des

eben zum Lebensunterhalt Ausreichenden zu bewegen pflegen, wird ein Deficit in Bezug auf das eine oder andere der hygienischen Postulate ausserordentlich häufig sein.

Es ist bereits S. 258 darauf hingewiesen, wie schwierig es zunächst ist, für den üblichen Lohnsatz eine den Bedarf des Körpers wirklich deckende Nahrung zu beschaffen. Es gelingt dies kaum mit bewusster Auswahl der nahrhaftesten und preiswürdigsten Nahrungsmittel, geschweige denn ohne Kenntniss des Nährwerthes der Speisen und nur geleitet von dem trügerischen Maassstab des Aussehens, Volums und Geschmacks der Nahrung. Ein grosser Theil der Arbeiter und ihrer Familien zeigt dementsprechend die deutlichsten Symptome unzureichender Ernährung. Als eine unausbleibliche Folge hiervon darf der Alkoholismus angesehen werden, da die Empfindung der Energielosigkeit naturgemäss zu einem Reizmittel treibt, das wenigstens vorübergehend das Gefühl der Kraft und Leistungsfähigkeit hervorzaubert.

Nicht minder leiden zahlreiche Arbeiter unter ungenügenden Wohnungen. Die Mehrzahl lebt eng zusammengedrängt in Miethskasernen, die nichts von dem bieten, was im Kapitel „Wohnung“ bezüglich des Luftkubus, der Heizung, der Ventilation, der Beleuchtung u. s. w. als erforderlich bezeichnet wurde, und deren Schmutz und Verkommenheit sich bald auch auf die wenigen Familien auszudehnen pflegt, welche ursprünglich noch das Bestreben hatten, sich ein behagliches Heim zu schaffen. — Auch die Kosten für reinliche Kleidung und Hautpflege sind schwer mit einiger Regelmässigkeit in das Budget eines Arbeiters einzustellen.

Die Unsauberkeit in Kleidung und Wohnung wirkt wiederum mächtig unterstützend auf die Ausbreitung der Infektionsstoffe. Tuberculose, die akuten Exantheme, Diphtherie finden hier reichlichste Gelegenheit zu immer neuen Uebertragungen. Die Cholera infantum fordert in diesen Quartieren die weitaus zahlreichsten Opfer, weil die Wohnungen im Hochsommer oft unerhört hohe Temperaturen zeigen und weil eine zweckmässige Aufbewahrung der Milch und peinliche Sauberkeit bei ihrer Behandlung undurchführbar ist. Cholera-Epidemieen nehmen häufig in den Wohnstätten der Arbeiter ihren Anfang und schwellen dort gleich so bedeutend an, dass an eine schnelle Ausrottung nicht mehr zu denken ist.

Besonders drückend wird die Lage der Arbeiter, wenn Krankheiten den täglichen Verdienst hindern und wenn durch dauernde Gesundheitsstörungen oder Alter Erwerbsunfähigkeit eintritt. Da die Möglichkeit einer eigenen Fürsorge für solche Eventualität bei der Mehrzahl der

Arbeiter ausgeschlossen ist, droht hier die Entstehung eines Proletariats, das vollständig auf die Unterstützung Anderer angewiesen ist.

Maassregeln zur Beseitigung dieser ganzen Kategorie von Schädigungen der Arbeiter lassen sich selbstverständlich nicht mit einem Schlage und mit vollständig befriedigendem Effekt durchführen. Tragen doch auch sicher sehr viele Arbeiter durch schrankenloses Befriedigen ihrer Wünsche, frühzeitige Ehe, Mangel an Ordnung und Sparsamkeit zu ihrer schlechten wirthschaftlichen Lage bei. Aber unbekümmert hierum hat die Hygiene die Pflicht, für Schutz- und Abhilfemaassregeln, die wenigstens die schlimmsten Schäden treffen und deren Ausführung auf keine übergrossen Schwierigkeiten stösst, mit voller Energie einzutreten.

Die Ernährung des Arbeiters ist nach den S. 258 entwickelten Grundsätzen zu bessern. Belehrung über den Nährwerth, die Preiswürdigkeit und zweckmässige Zubereitung der Lebensmittel (Haushaltungs- und Kochschulen), Volksküchen und Consumvereine müssen hier helfend eintreten. — Dem Alkoholmissbrauch ist vorzugsweise durch die S. 238 besprochenen Kaffee- und Theehäuser entgegenzuwirken.

Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse ist durch regste Unterstützung aller der S. 349 ff geschilderten Bestrebungen: Entlastung der Wohnungen von Kranken, Erlass von Bauordnungen und Fluchtlinienplänen, Gründung von Arbeitercolonieen, Baukassen u. s. w. anzustreben.

Reichliche Wasserversorgung der Wohnungen, Volks- und Schulbäder müssen die Reinlichkeit fördern. — Insbesondere muss die Bekämpfung ausgebrochener Infektionskrankheiten nach den im zehnten Kapitel entwickelten Grundsätzen durchgeführt werden.

Um den schlimmen Folgen der vorübergehenden oder dauernden Erwerbsunfähigkeit vorzubeugen, sind in den Krankenkassen sowie in der Unfall-, Alters- und Invaliditäts-Versicherung in den letzten Jahren in Deutschland vom Staate Einrichtungen getroffen, welche bereits vielem Unglück vorgebeugt haben und bei weiterem Ausbau zweifellos noch vollkommener der Noth der kranken und alternden Arbeiter begegnen werden.

Die wichtigsten einschlägigen Gesetze sind folgende: 1) Gesetz über Krankenversicherung vom 16. VI. 1883. In Industrie und Gewerbe gegen Lohn beschäftigte Personen sind verpflichtet einer Krankenkasse beizutreten; $^2/_3$ der Beiträge leistet der Arbeiter, $^1/_3$ der Arbeitgeber. Die Krankenkassen sind von den einzelnen Betrieben, Fabriken oder Innungen begründet; diejenigen Personen, welche zu diesen nicht gehören, participiren an den Gemeindekranken-

kassen. Die Krankenkassen gewähren bis zu 13 Wochen freie ärztliche Behandlung und Krankengeld in Höhe des halben Tagelohns.

2) Gesetz über Unfallversicherung vom 6. VII. 1884. Die Unternehmer der Betriebe von gleicher Gefährlichkeit sind zu „Berufsgenossenschaften" vereinigt; sie erlassen Vorschriften zur Verhütung von Unglücksfällen und sammeln die Fonds zur Entschädigung der verunglückten Arbeiter. Letztere erhalten Kurkosten von der 13. Woche der Erkrankung ab; ausserdem eine Rente, die bei völliger Arbeitsunfähigkeit $^2/_3$ des Verdienstes beträgt. Oberste Verwaltungsbehörde ist das Reichs-Versicherungsamt in Berlin.

3) Gesetz über Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22. VI. 1889. Versicherungspflichtig sind alle gegen Lohn beschäftigten Arbeiter, Dienstboten, Gehülfen u. s. w. Je nach dem Einkommen sind wöchentlich 14—30 Pfennige zu zahlen, zur Hälfte vom Arbeitgeber, zur Hälfte vom Arbeiter. Das Reich zahlt zu jeder Rente 50 Mark Zuschuss. Anspruch auf Rente haben Personen über 70 Jahre und solche, die nicht mehr als $^1/_3$ gegen früher verdienen können.

II. Gesundheitsschädigungen durch die Beschäftigungsweise der Arbeiter.

Der unmittelbar gesundheitsschädliche Einfluss der Beschäftigung kommt zu Stande: 1) durch hygienisch ungenügende Beschaffenheit der Arbeitsräume; 2) durch die Muskelanstrengung und die Körperhaltung bei der Arbeit; 3) durch starke Lichtreize, Geräusche u. s. w., welche die Sinnesorgane schädigen; 4) durch excessive Temperaturen; 5) durch eingeathmeten Staub; 6) durch giftige Gase; 7) durch giftiges Arbeitsmaterial; 8) durch Contagien; 9) durch Unfälle.

1. Die Arbeitsräume.

Dieselben tragen sehr häufig den hygienischen Anforderungen in Bezug auf Luftraum, Ventilation, Beleuchtung u. s. w. nicht hinreichend Rechnung; doch wird die Durchführung der in dieser Richtung bereits von den meisten Regierungen erlassenen Vorschriften, von deren Erfüllung insbesondere die Genehmigung jeder neuen gewerblichen Anlage abhängig gemacht wird, ausreichenden Wandel schaffen.

Die Vorschriften bestimmen, dass die Arbeitsräume in Bezug auf Flächeninhalt, Lage, Heizung, Beleuchtung und Ventilation den allgemeinen Regeln der Gesundheitspflege entsprechen. Die Höhe der Arbeitsräume soll wenigstens 3·5 m, bei einer erheblichen Zahl von Arbeitern 4 m, bei grösseren Sälen 5 m betragen. Jedem Arbeiter sollen wenigstens 10 cbm Luftraum und 20 cbm stündliche Luftzufuhr gewährt werden; entwickeln sich im Arbeitsraum reichliche Mengen übelriechender Gase, wie z. B. in Bergwerken durch die russenden Lampen, so ist für kräftigere Ventilation zu sorgen. Bei zu trockener Luft ist durch Sprühregen, Dampfrohrzerstäuber oder Dampfstrahlapparate der nöthige Grad von Feuchtigkeit herzustellen. — Die Aborte sollen in gehöriger Zahl, für die Geschlechter getrennt, mit zugfreiem Zugang und so angelegt werden, dass keine Ausdünstungen in den Arbeitsraum gelangen. Ist ein Kleiderwechsel

der Arbeiter erforderlich, so müssen auch hierfür geeignete, für die Geschlechter getrennte Räume hergestellt sein. Dortselbst sollen ausreichende Waschvorrichtungen Platz finden. Bei grösserer Entfernung der Fabrik von den Wohnungen der Arbeiter sind geräumige und heizbare Speiseräume einzurichten, in welchen Vorkehrungen zum Erwärmen der mitgebrachten Speisen angebracht sein müssen. Für gesundes Trinkwasser ist zu sorgen. Die Triebmaschinen, Transmissionen, Fallthüren und Treppenöffnungen haben eine solche Einfriedigung zu erhalten, dass eine Verletzung der Passanten ausgeschlossen ist. Ueber Verhütung und Verbreitung von Contagien in den Arbeitsräumen s. unten.

2. Die Muskelarbeit und die Körperhaltung

kann sehr mannigfaltige Gesundheitsstörungen hervorrufen.

Durch den Druck auf das Handwerkszeug entstehen in der Hand oft Schwielen, Blasen und chronische Entzündungen. Man beobachtet dieselben besonders bei Tischlern, Graveuren, Metalldrehern, Gerbern. An anderen Körperstellen können accidentelle Schleimbeutel entstehen, so ein Schleimbeutel am Ellenbogengelenk bei Lederappreteuren, ein solcher am vorderen Darmbeinstachel bei Webern durch den Druck des Brustbaumes, ferner an den äusseren Malleolen und am Köpfchen der Fibula bei Schneidern. — Schuster zeigen am Sternum oft eine umschriebene Vertiefung, welche durch den Druck des Leistens gegen den Brustkasten zu Stande kommt.

Bei fortgesetzter Anstrengung derselben Muskelgruppen beobachtet man, am häufigsten wiederum an der Hand, Sehnenscheiden- und Gelenkentzündungen, Contrakturen und Krämpfe der betreffenden Muskeln. Setzer, Tischler, Gerber, Juweliere, Blumenmacherinnen, welche sämmtlich dauernd minutiöse Handarbeiten mit gewissem Kraftaufwand zu verrichten haben, leiden oft an diesen Affektionen. Die als „Schreibkrampf" bezeichnete professionelle Coordinationsneurose findet man ausser bei Schreibern bei Graveuren, Setzern, Juwelieren, Näherinnen, Klavierspielern u. s. w. — Andere besonders angestrengte Muskelgruppen hypertrophiren; nicht selten entstehen Rückgratsverkrümmungen, wenn die Arbeit eine prononcirt einseitige ist und eine forcirte Biegung oder Drehung des Oberkörpers veranlasst, z. B. bei Kesselschmieden, Schneidern, Schustern u. s. w.

Anhaltendes Aufrechtstehen führt zuweilen zu Varicen, Oedemen und Geschwüren an den unteren Extremitäten. Setzer, Schlachter, Gerber sind z. B. dieser Affektion ausgesetzt.

Weit häufiger kommen Circulationsstörungen in Folge von sitzender und gebückter Stellung vor. Schneider, Näherinnen, Stickerinnen, Schuster leiden fast immer an gastrischen Beschwerden, Ernährungsstörungen, resp. an Krankheiten der Beckenorgane. Auch die Behinde-

rung der freien Athmung durch die professionelle sitzende und gebückte Haltung wirkt begünstigend auf das Entstehen von Ernährungsstörungen.

Ferner kann wiederholte intensive Muskelanstrengung, wie sie bei Lastträgern, Schmieden, Schlossern, Bäckern erforderlich ist, das Allgemeinbefinden stören, indem sie zu Emphysem und organischen Herzfehlern disponirt; in selteneren Fällen führt sie auch zu Muskelzerreissungen und Hernien.

Selbstverständlich bedingt endlich jede Ueberanstrengung, sei es, dass die Arbeit für die individuelle Muskelkraft zu anstrengend ist, sei es, dass eine an sich leichte Arbeit zu lange ausgedehnt und nicht von den gehörigen Ruhepausen unterbrochen wird, eine Schwächung der Gesundheit.

Gegen die genannten Schädigungen kann grösstentheils nur die Aufmerksamkeit und Vorsicht des Einzelnen Schutz gewähren. Insbesondere muss der Arbeiter die Dauer der Arbeit und den Grad der Anstrengung seiner individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen suchen. — Einige Nachtheile sind durch Aenderung der Werkzeuge zu beseitigen; andere dadurch, dass die Arbeit mit Hülfe von Maschinen statt mittelst der Muskeln geleistet wird. So ist z. B. die Verwendung einfacher Motoren für Nähmaschinen, die Herstellung von Leisten durch Maschinen u. a. m. anzustreben.

3. Schädigung der Sinnesorgane.

Vorzugsweise ist das Auge gefährdet. Entweder führt das fortgesetzte Fixiren kleiner Gegenstände, eventuell bei ungenügender Beleuchtung, zu Myopie und deren schwereren Folgezuständen (Schreiber, Juweliere, Graveure, Blumenmacherinnen, Setzer); oder blendendes Licht, grelle Wechsel zwischen Hell und Dunkel und strahlende Hitze bewirken Ueberreizung des Auges (Heizer, Schmiede, Schmelzofenarbeiter, Glasarbeiter); oder mechanische Insulte, reizende Gase oder Staub führen Verletzungen des Auges resp. Conjunctivitis und Blepharitis herbei (Fremdkörper bei Arbeiten an Metalldrehbänken und Holzbearbeitungsmaschinen; Steinsplitter bei Steinschlägern; Funken und Spritzer in Eisengiessereien; verspritzende Säure und Dämpfe bei der Verarbeitung von Braunkohlentheer, Chlor, Salzsäure; Baumwollen- und Hanfstaub).

Zum Schutz gegen die letztgenannten Schädigungen werden Schutzbrillen verwendet, und zwar sind die betreffenden Fabrikunternehmer gesetzlich verpflichtet, ihren Arbeitern Schutzbrillen zu liefern. Sollen dieselben nur gegen gröbere Fremdkörper (Steinsplitter) schützen, so genügen Drahtbrillen. Andernfalls benutzt man Gläser

aus weissem (bei grellem Licht rauchgrauem), starkem Glas in vorspringender Fassung, die auf eine dicht anschliessende Lederbinde aufgenäht sind. Gläser aus Glimmer sollen gegen strahlende Hitze besseren Schutz gewähren; das Material ist jedoch zu ungleichmässig und erschwert das deutliche Sehen. — Uebrigens werden alle Schutzbrillen von den Arbeitern ungern getragen, weil die Gläser leicht durch Beschlagen und Staub trübe werden und das Sehvermögen immer etwas beschränken. Die STROOF'sche Brille, bei welcher zwischen Glas und Fassung Schlitze und in der Fassung selbst noch Oeffnungen angebracht sind, soll von Condenswasser frei bleiben. — Die Schutzmaassregeln gegen die übrigen Schädigungen des Auges müssen wesentlich dem Einzelnen überlassen bleiben; bei Myopie und beginnender Sehschwäche ist die sorgfältige Beachtung der ersten Symptome und baldige Aenderung der Beschäftigung vor Allem indicirt.

Seltener wird das Gehörorgan durch das anhaltende betäubende Geräusch in Hammerwerken und Schmieden afficirt. — Ueber Gehörstörungen bei Arbeiten in comprimirter Luft s. unten.

4. Gesteigerter Luftdruck.

Arbeiten in comprimirter Luft haben die Taucher in der Taucherglocke zu leisten, in welcher durch kontinuirliche Zuleitung komprimirter Luft das Wasser verdrängt wird. In grösstem Umfang werden Arbeiten unter ähnlichen Verhältnissen ausgeführt bei der Fundirung von Brückenpfeilern, beim Schleusenbau, auch beim Tunnel- und Brunnenbau. Aus dem wasserführenden Boden wird das Wasser dadurch verdrängt, dass ein unten offener Hohlcylinder (Caisson) in den Boden eingesenkt und dass nun durch verdichtete Luft das Wasser zurückgedrängt und der Raum im Hohlcylinder so lange wasserfrei erhalten wird, wie die Arbeiten dauern. Je nach der zu überwindenden Wassersäule ist der anzuwendende Druck verschieden und beträgt nicht selten bis zwei Atmosphären und mehr. — Bei den in diesen Caissons beschäftigten Arbeitern treten die S. 117 geschilderten Symptome sehr ausgeprägt hervor; jedoch sind dieselben unbedenklich und wenig belästigend. Nur der Uebergang aus der komprimirten Luft in Luft von gewöhnlichem Druck muss aus den S. 117 angeführten Gründen mit Vorsicht und allmählich geschehen. Dies wird dadurch erreicht, dass am oberen Ende des Caissons eine Luftschleuse angebracht ist, die den plötzlichen Ein- und Austritt verhindert.

Die Arbeiter gelangen beim Einfahren zunächst in die Vorkammer *V*. Die von da in den Caisson führende Thür t_2 lässt sich aber vorläufig nicht öffnen, weil die Thür durch die innen befindliche komprimirte Luft fest ange-

drückt wird. Erst nachdem die Arbeiter durch den Hahn h_2 Druckluft allmählich in die Vorkammer eingelassen haben, so dass schliesslich der Druck in dieser der gleiche wie im Caisson ist, lässt sich die Thür t_2 öffnen und die Arbeiter können absteigen. Gleichzeitig wird nun aber die von der Vorkammer nach aussen führende Thür t_1 fest von innen angepresst. Kommen unter diesen Umständen die ausfahrenden Arbeiter in die unter Ueberdruck stehende Vorkammer, so können sie die Aussenthür nicht öffnen. Sie müssen erst durch den Hahn h_1 die verdichtete Luft der Vorkammer allmählich ausströmen lassen, und erst wenn dadurch der Druck dem der Aussenluft ungefähr gleich geworden ist, ist es ihnen möglich, den Raum zu verlassen.

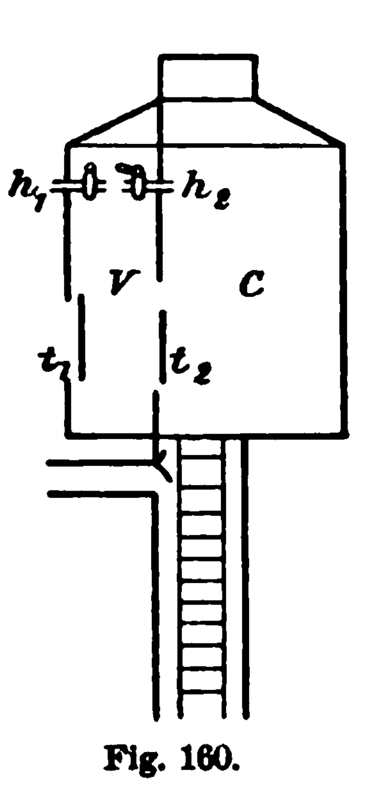


Fig. 160.

5. Excessive Temperaturen.

Hohe Temperaturen kommen bei zahlreichen Gewerbebetrieben vor; oft in Form der strahlenden Wärme (z. B. bei Heizern, Schmelzofen- und Glasarbeitern, Giessern, Schmieden, Bäckern), die jedoch verhältnissmässig gut ertragen wird, da bei diesen Betrieben eine sehr reichliche Luftzufuhr die Wärmeabgabe erleichtert. Nur kommt eine Neigung der fortwährend stark schwitzenden und erhitzten Haut zu Hauterkrankungen (Eczem, Lichen) zu Stande; ferner disponirt die reichliche Getränkaufnahme zu Verdauungsstörungen. — Weit nachtheiliger auf das Allgemeinbefinden wirkt der Aufenthalt in einem geschlossenen Arbeitsraum, dessen Luft eine Temperatur von 25—30° und darüber zeigt und daneben noch eine hohe Luftfeuchtigkeit. Beispielsweise kommen solche Wärmegrade vor in tiefen Bergwerken und bei Tunnelbauten, wo die resultirende Wärmestauung oft die Arbeiten auf's Aeusserste erschwert; ferner in Färbe-, Dekatir- und Appreturwerkstätten, Kammwoll-, Baumwoll- und Flachsspinnereien und Webereien, in den Drehersälen der Porzellanfabriken u. a. m. Bei den genannten Gewerben ist durch Grösse der Arbeitsräume, reichlichste Ventilation, eventuell Einführung elektrischer Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung und insbesondere durch Umhüllung der Dampfleitungen mit Wärmeschutzmitteln (Schlackenwolle, Kieselguhr u. s. w.), resp. durch Ummantelung der Oefen nach Möglichkeit Abhülfe zu schaffen. In manchen Fabriken sind indess solche Schutzmittel nur in sehr beschränktem Maasse anwendbar, weil für die betreffende Technik hohe Temperaturen und hohe Feuchtigkeitsgrade erforderlich sind; so z. B. geht das Verspinnen nur in Arbeitsräumen mit warmer feuchter Luft gut von Statten. — Ueber Schutz gegen Verbrennungen s. S. 343.

6. Einathmung von Staub.

Während im Freien nur vorübergehend grössere Staubmengen eingeathmet werden, sind bei vielen Gewerbebetrieben die Arbeiter einer steten Staubinhalation ausgesetzt, und als Folge derselben beobachtet man massenhafte Einlagerungen der Staubtheilchen in die Schleimhäute, in die Lymphbahnen des Lungenparenchyms und in die Bronchialdrüsen. Die Symptome, die dadurch vorzugsweise veranlasst werden, sind die des chronischen Bronchialkatarrhs und in der Folge oft des Lungenemphysems.

Manche Beobachter führen auch pneumonische Erkrankungen auf directe Staubeinwirkung zurück; ebenso wird Lungenphthise vielfach als Folge von Staubinhalation bezeichnet; und zwar wird namentlich metallischer und mineralischer Saub als gefährlich angeschuldigt, während vegetabilischer und animalischer Staub relativ selten Phthise veranlassen soll. Hier ist indess der Staub nicht die allein ausreichende Ursache, sondern ein wichtiges disponirendes Moment, welches Invasionspforten für die specifischen Erreger schafft. Es ist experimentell nachgewiesen, dass gleichzeitige Inhalation von scharfem Staub und Bakterien zu schwerer Infektion führt, die bei Inhalation von Bakterien allein oder von Staub allein ausbleibt. — Statistische Erhebungen über die Folgen der Staubinhalation stossen insofern auf Schwierigkeit, als es meist unentschieden bleibt, ob die Einathmung des Staubes den wesentlichsten Einfluss auf die Frequenz der Phthise geäussert hat, oder ob die sonstigen Lebensverhältnisse der betreffenden Arbeiter, die Vererbung und vor Allem die vermehrte Gelegenheit zur Aufnahme der Tuberkelbacillen in den theilweise mit Phthisikern besetzten Arbeitsräumen bedeutungsvoller ist.

Hesse hat die Menge des von einem Arbeiter in 10 Stunden eingeathmeten Staubes bestimmt:

in einer Rosshaarspinnerei zu	0,05 g.
„ „ Kunstwollefabrik	0,1 „
„ „ Mühle	0,13 „
„ „ Schnupftabakfabrik	0,36 „
„ „ Cementfabrik	1,1 „

Am wenigsten verderblich ist die Einlagerung von Kohlenstaub in die Lungen, die Anthrakosis, die zwar nicht selten chronischen Katarrh hervorruft, aber so selten mit Phthisis complicirt ist, dass manche Beobachter der Kohlenlunge geradezu eine Immunität gegen diese Krankheit zuschreiben wollen. Die gewerblichen Arbeiter, welche besonders leicht Kohlenlunge acquiriren, sind vor Allem die Bergleute der Kohlengruben; in geringerem Grade exponirt sind Köhler, Kohlenhändler und Kohlenträger, Heizer. Ferner wird Kohle in Form von Russ aufgenommen von Schornsteinfegern und Bergleuten; in Form von Graphit von Giessern, Formern und Bleistiftarbeitern.

Feinste Theilchen von Eisen, Eisenoxyd oder Eisenoxyduloxyd

rufen die Siderosis pulmonum hervor; Kupfertheilchen wirken vermuthlich ähnlich. Als Folge der eingelagerten Partikelchen entstehen cirrhotische Knoten und eine lobuläre, interstitielle indurirende Pneumonie. Schmiede und Schlosser, ebenso Kupferschmiede, Klempner, Uhrmacher u. s. w. kommen zwar mit feinen Eisen-, resp. Kupfertheilchen in Berührung, doch sind die letzteren nicht fein genug, um in grösserer Menge in die Lungen aufgenommen zu werden. Am meisten sind aus dieser Kategorie noch die Feilenhauer exponirt. Dagegen entstehen enorme Massen von feinstem Eisenoxydstaub bei der Benutzung des sog. rothen Smirgels (Englisch Roth), der als Polirmittel für Stahl und Spiegel dient; ferner kommt beim Schleifen der Eisen- und Stahlwaaren ein aus Eisen- und Steintheilchen gemischter Staub zur Wirkung.

Im Schleifstaub sind das Wesentliche die steinigen Partikelchen, welche im Ganzen ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie der metallische Staub. Der Schleifstaub bildet sich nur beim Schleifen von Näh-, Strick- und Stecknadeln, die trocken geschliffen werden, während das Schleifen gröberer Objecte unter Befeuchtung erfolgt. — Von sonstigem mineralischem Staub gilt als besonders gefährlich der harte, spitzige Quarzstaub, dem die Arbeiter in den Stampfwerken der Glasfabriken und die Mühlsteinhauer exponirt sind. Beim Glasschleifen wird das Schleifpulver (Feuerstein oder Englisch Roth) gewöhnlich mit Wasser angefeuchtet, nur bei einigen seltenen Schliffarten werden die Arbeiter durch trockenen Staub gefährdet. Thonstaub wird von Ultramarin-, Porzellanarbeitern, Töpfern und Specksteinarbeitern, Kalkstaub in Form von Aetzkalk von den Arbeitern der Kalköfen beim Ausnehmen des gebrannten Kalks eingeathmet; in Form von kohlensaurem Kalk von den Perlmutterdrechslern. Sehr viel Staub entwickelt sich bei der Cementfabrikation, wo Kreide oder Kalk, Thon und Sand in sehr fein gemahlenem Zustand gemengt werden. Gypsstaub belästigt hauptsächlich die Stuckarbeiter beim Abschleifen des Stucks mit Bimsstein. Besonders grosse Mengen feinsten gefährlichen Staubes liefert die Thomasschlackenindustrie.

Unter den organischen Staubarten führt der Tabaksstaub, der sich beim Rapiren (Zerkleinern mit Wiegemessern), Sortiren, Sieben und Packen des Tabaks in grosser Menge entwickelt, zuweilen — aber sehr selten — zu Ablagerungen in den Lungen. Die überwiegende Mehrzahl der Arbeiter merkt auch bei langdauerndem Aufenthalt in Tabaksstaub keine Schädigung der Gesundheit. — Enorme Massen von Staub treten in Baumwoll- und Wollspinnereien auf.

Baumwollstaub entwickelt sich zunächst, wenn die rohe Baumwolle im Reisswolf zerrissen und gelockert wird; ferner wenn die gereinigte Baumwolle in den Krempel- und Kratzmaschinen durch spitze Kupferdrähte (Karden) in

parallele Lage gebracht und zum Spinnen vorbereitet wird. Insbesondere beim Reinigen der Karden von den daran haften gebliebenen Fasern erheben sich mächtige Wolken leichten Staubes.

Wollstaub tritt zunächst schon beim Sortiren und Klopfen der Vliesse auf, dann beim Wolfen und Krempeln der Wolle sowie beim Scheeren des Tuchs. Besonders reichlich ist der Staub in der Kunstwollindustrie, wo Wolllumpen im Reisswolf zerrissen werden.

Dem Staub von thierischen Haaren sind Bürstenbinder beim sog. Kämmen der Borsten, ferner Tapezierer, Sattler, Kürschner ausgesetzt; in weit höherem Grade aber die Arbeiter, welche bei der Fabrikation von Hüten aus Hasen-, Kaninchen- und Biberhaar beschäftigt sind, und speciell diejenigen, welche das Schneiden der Haare (Kürzen der Borstenhaare, bis sie mit dem Flaumhaar gleiche Länge haben) besorgen.

Vielfach werden die Felle vor dem Enthaaren mit Scheidewasser und metallischem Quecksilber behandelt, so dass Merkuronitrat sich bildet, dann getrocknet und nachher geklopft und gebürstet. Dabei kann ein durch Beimengung jenes Quecksilbersalzes besonders gefährlicher Staub sich entwickeln.

Bei der Bearbeitung der Bettfedern, ferner bei der Bearbeitung des Holzes (in Fass- und Bleistiftfabriken) sowie in den Hadernsälen der Papierfabriken kommt es gleichfalls zu belästigendem Staub.

Auch die organischen Staubarten beeinträchtigen die normale Aufnahme von Athemluft und bewirken eine fortgesetzte Reizung der Respirationsschleimhaut, Neigung zu chronischen Katarrhen und damit häufig Invasionspforten für Contagien, an denen es in den betreffenden Arbeitsräumen nie zu fehlen pflegt.

Ueber giftigen und contagiösen Staub siehe unten.

Die Schutzmittel gegen die Staubinhalation bestehen erstens in der Hinderung der Staubentwickelung; zweitens in der sofortigen Entfernung des einmal gebildeten Staubes durch Absaugen; drittens in Respiratoren, welche die Arbeiter in der staubhaltigen Luft anlegen.

Um die Staubproduktion zu hindern, könnte man daran denken, das Material anzufeuchten oder die Zerkleinerung unter Wasser vorzunehmen. Aus technischen Gründen kann jedoch nur in den seltensten Fällen von diesem Mittel Gebrauch gemacht werden. — Dagegen wird neuerdings die Zerkleinerung steiniger, Staub liefernder Massen in ganz geschlossenen Behältern, in den sogenannten Kugelmühlen vorgenommen, die sich z. B. in Pochwerken bereits gut bewährt haben.

Am häufigsten wird die Entfernung des gebildeten Staubes versucht durch kräftige Luftströme. Die Anwendung derselben soll

aber *nicht* in Form eines den ganzen Arbeitsraum ventilirenden Stromes erfolgen, der entfernt von der Stelle der Staubproduktion ein- und austritt. Oben (S. 417) wurde bereits betont, dass eine solche Ventilation zur Beseitigung von Staub unzureichend ist; soll sie ausgiebig wirken, so muss eine so kräftige Luftbewegung vorhanden sein, dass ein Aufenthalt in dem betreffenden Raum kaum zu ertragen wäre und trotzdem würde der Effekt meist ungenügend ausfallen. Der Luftstrom muss vielmehr seine grösste Geschwindigkeit dort entwickeln, wo der Staub entsteht, d. h. die Abströmungsöffnung muss in unmittelbarster Nähe der Arbeitsplätze u. s. w. liegen, so dass es zum Absaugen des Staubes kommt, *ehe* derselbe sich im Raum verbreitet hat. Diesen Anforderungen entsprechen die *Exhaustoren*, weite Rohre, in welchen mittelst kräftigen Motors ein starker aspirirender Luftstrom erzeugt wird und deren trichterförmige Einströmungsöffnungen über oder noch besser unter den einzelnen Arbeitsplätzen angebracht sind resp. zeitweise in unmittelbare Nähe der staubenden Objecte geführt werden können. Die Exhaustoren werden mit gutem Erfolge benutzt z. B. zum Absaugen des Baumwollstaubes im Reisswolf, sowie beim Reinigen der Karden; ferner zum Absaugen des bei der Hutabreiberei entstehenden Staubes, des Schleifstaubes in Nadel- und in Hornkammfabriken, des Mühlenstaubes u. s. w.

Der *Reisswolf* wird mit einem dicht schliessenden Gehäuse umgeben, das durch den Canal *b* (Fig. 161) mit einer Vorkammer in Verbindung steht; aus dieser wird durch die Oeffnung *e* mittelst kräftigen Aspirators die Luft fortwährend abgesogen. Die bei *a* eintretende Baumwolle sammelt sich nach

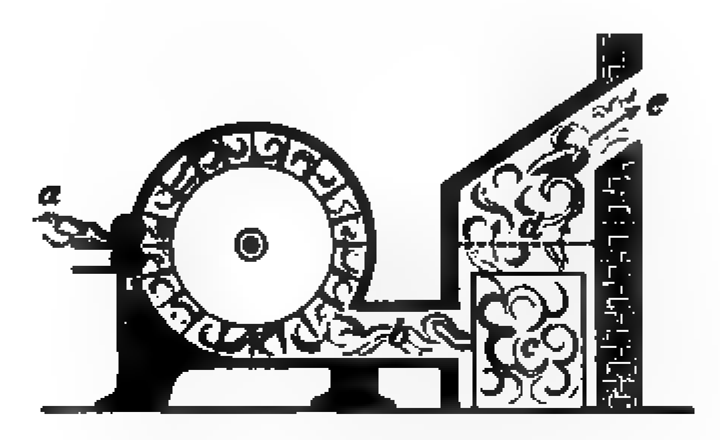


Fig. 161. Reisswolf mit Staubabsaugung.

Fig. 162. Staubabsaugung bei der Reinigung der Karden.

dem Passiren des Wolfs bei *c* und wird dort durch eine Thür von Zeit zu Zeit herausgenommen; der abgerissene lockere Staub aber wird bei *d* durch ein weitmaschiges Filter gerissen, gelangt in den Exhaustor und von da in's Freie.

Sollen die *Karden* gereinigt werden, so wird zunächst eine Verbindung zwischen der Reinigungsstelle und einem Rohre (*a* in Fig. 162) hergestellt, das

über sämmtlichen Krempelmaschinen herläuft und zu einem mit Maschinenkraft betriebenen Ventilator führt. Dieses Rohr trägt mehrere Stutzen (*b*), die für gewöhnlich verschlossen sind; soll die Reinigung beginnen, so wird das Gehäuse, welches die Karden bedeckt (*d*), zurückgeklappt und in den Stutzen ein Trichter *c* eingesetzt, dessen Oeffnung bis nahe auf die Karden reicht. Werden nunmehr die Baumwollreste mit Bürsten u. dergl. von den Karden gelöst, so werden sie vollständig in den Exhaustor abgeführt.

Vielfach finden auch Respiratoren Anwendung; dieselben bestehen aus feinmaschigen, porösen Stoffen, welche den Staub abfiltriren, die Luft aber passiren lassen sollen. Entweder werden nur feine Drahtgewebe verwendet oder solche mit Einlagen von Watte resp. Wollstoff, die eventuell angefeuchtet werden sollen; oder auch platte Schwämme, die angefeuchtet und fest vor Mund und Nase gebunden werden. Eine besondere Form stellen die Masken dar, welche den ganzen Kopf bedecken und eine Zufuhr von frischer, reiner Luft durch Schläuche erhalten. — Die Respiratoren werden jedoch von den Arbeitern sehr ungern benutzt. Haben sie enge Poren, so wird die Athmung erschwert, insbesondere wenn bereits Staubtheilchen in das Filter eingelagert sind.. Weite Poren gewähren wiederum nicht genügende Zurückhaltung des Staubes. Empfehlenswerth sind daher die Respiratoren wesentlich nur zur vorübergehenden, kurzdauernden Benutzung in einer Luft, welche starke Staubmassen oder gar giftigen Staub enthält.

7. Die Einathmung giftiger Gase.

Abgesehen von den schädlichen resp. belästigenden Gasen, welche durch die Ansammlung von Menschen und durch die Beleuchtung geliefert werden, kommt es bei manchen Gewerben zu einer Produktion theils irrespirabler, theils toxischer Gase, welche oft schon in sehr kleinen Mengen gesundheitsschädigend wirken. Die wichtigsten derselben sind: Chlor, salpetrige Säure, Salzsäure, schweflige Säure; seltener kommen Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff in Betracht.

In der folgenden von Lehmann aufgestellten Tabelle (S. 531) ist angegeben, bei welchen Concentrationen bezw. bei welcher Dauer der Einwirkung eine schädigende Einwirkung auf den Menschen zu Stande kommt.

Chlor kann zur Einathmung gelangen bei der Chlorkalkfabrikation und beim Schnellbleichen. Nur ein sehr kleiner Gehalt ist als unbedenklich anzusehen. Ein Gehalt von 0·005 p. m. ruft bereits starke Reizung der Schleimhäute hervor und muss bei dauernder Einwirkung als unzulässig bezeichnet werden. — Durch die Verwendung

	Concentrationen, die rasch gefährliche Erkrankungen bedingen	Concentrationen, die nach 1/2 bis 1 Stunde ohne schwerere Störungen zu ertragen sind	Concentrationen, die bei mehrstündiger Einwirkung nur minimale Symptome bedingen
Salzsäuregas . . .	1·5—2·0 ‰	0·05 bis höchstens 0·1 ‰	0·01 ‰
Schweflige Säure .	0·4—0·5 ‰	0·05 ‰ od. weniger	—
Kohlensäure . . .	circa 30 %	bis 8 %	1 % (?)
Ammoniak	2·5—4·5 ‰	0·3 ‰	0·1 ‰
Chlor und Brom .	0·04—0·06 ‰	0·004 ‰	0·001 ‰
Jod	—	0·003 ‰	0·0005—0·005 ‰
Schwefelwasserstoff	0·5—0·7 ‰	0·2—0·3 ‰	—
Schwefelkohlenstoff	10—12 mg i. 1 Lit.	1·2—1·5 mg i. 1 Lit.	—
Kohlenoxyd . . .	2—3 ‰	0·5—1·0 ‰	0·2 ‰

gut schliessender Apparate und reichliche Ventilation kann jedoch die Beimengung von Chlorgas zur Luft des Arbeitsraumes in den genannten Gewerben ziemlich leicht vermieden werden. Für kurzes Betreten eines mit Chlor erfüllten Raumes (Ausnehmen des fertigen Chlorkalks) ist das Vorbinden von Respiratoren, welche mit Alkohol befeuchtete Schwämme enthalten, indicirt.

Salpetrige Säure entsteht bei Herstellung der concentrirten Salpetersäure, bei der Fabrikation der Eisenbeize, ferner bei der Bereitung des Nitrobenzols, das jetzt in grossem Maassstabe zur Darstellung der Anilinfarben Verwendung findet. In geringerem Grade entwickelt sich salpetrige Säure in den Münzen und bei der galvanischen Vergoldung.

Es lässt sich jedoch ein zu hoher Gehalt der Luft an salpetriger Säure bei allen diesen Gewerben mit einiger Vorsicht vermeiden. Die bei der Darstellung der concentrirten Salpetersäure auftretenden Dämpfe müssen durch Condensationsthürme mit Wasserregen geführt werden; im Uebrigen sind so viel als möglich geschlossene Apparate zu verwenden und es ist für reichliche Ventilation zu sorgen.

Salzsäuregas ruft bei einem Gehalt von 0·5 p. m. bei Versuchsthieren schon deutliche Symptome von Reizung der Schleimhäute hervor. — Kleinere Mengen Salzsäuregas entstehen in der Töpferei (bei der Kochsalzglasur der Steingutwaaren, vgl. S. 534), bei der Glasfabrikation und bei der Zinnsalzdarstellung. In ungeheuren Massen entweicht Salzsäure in den Sodafabriken bei dem Sulfatprocess, durch welchen aus Kochsalz und Schwefelsäure Natriumsulfat und Salzsäure gewonnen wird. Während man diese Massen von Salzsäuregas früher

durch Schornsteine abströmen liess, werden dieselben jetzt gewöhnlich durch Waschen zunächst in doppelhalsigen mit Wasser gefüllten Flaschen (sogenannten Bonbonnes), dann in Coaksthürmen, in welchen Wasser herabrieselt, zurückgehalten. Bei ausreichender Ventilation der Arbeitsräume kommt es selten zu schädigender Einwirkung.

Schweflige Säure wirkt weniger intensiv; deutliche Giftwirkung tritt erst bei einem Gehalt von 0·5 p. m. hervor. Die schweflige Säure wird der Luft des Arbeitsraumes zugemengt z. B. in der Strohhutfabrikation beim Bleichen der Hüte, ebenso beim Bleichen von Seide, Woll- und Baumwollstoffen, von Darmsaiten u. s. w.; ferner beim Schwefeln des Hopfens. Zeitweise kommt es zu einer sehr starken Bildung der Säure in Alaun-, Glas- und Ultramarinfabriken; ferner bei der Schwefelsäurebereitung. Enorme Mengen von schwefliger Säure werden oft von den Rostöfen der Hüttenwerke geliefert; doch führt dies mehr zu einer Belästigung der Anwohner (s. unten), als zu einer Gefährdung der Arbeiter.

Die schädlichen Einwirkungen der schwefligen Säure in den Gewerben sind leicht durch Ventilationseinrichtungen zu vermeiden. Ueber die Beseitigung der Hüttengase siehe S. 535.

Kohlensäure wirkt erst bei sehr bedeutender Anhäufung toxisch (vgl. S. 154). Derartige Concentrationen kommen zuweilen vor in den Gährungsgeweben, in Bierbrauereien, Weingährkellern, Presshefefabriken. Ferner werden Brunnenarbeiter in tiefen Brunnenschachten, Todtengräber in Grüften, Lohgerber in Lohgruben einer Kohlensäure-Intoxikation ausgesetzt, jedoch nie ohne eine gewisse Fahrlässigkeit. In Bergwerken bilden sich zuweilen starke Kohlensäure-Ansammlungen, die schliesslich Intoxikation veranlassen können (matte Wetter). Hier müssen gute Ventilationsvorrichtungen Abhülfe schaffen.

Kohlenoxydgasvergiftung tritt zuweilen bei Gasarbeitern ein; häufiger können die Gichtgase der Eisenhütten und die Minengase zu Kohlenoxydgasvergiftung führen. Auch dieser Gefahr lässt sich meistens mit einiger Sorgsamkeit begegnen. Eine Abführung der Gichtgase wird neuerdings um so energischer angestrebt, als dieselben zur Winderhitzung oder Dampfkesselheizung vortheilhaft ausgenutzt werden können.

Schwefelwasserstoff ruft schon bei einem Gehalt von 0·5—0·6 pro mille gefährliche Wirkungen auf die Arbeiter hervor. Bei stärkerer Concentration können sehr plötzlich Krämpfe, Asphyxie und der Tod eintreten. Ausser bei manchen chemischen Präparationen, z. B. gewissen Arten der Verarbeitung von Sodarückständen, kann sich Schwefelwasserstoff in Kloaken, Canälen und durch sonstige Ansammlungen von faulenden Substanzen in solcher Menge entwickeln, dass toxische Wirkungen bei den Arbeitern auftreten. Die Gefahr lässt sich durch Vorsicht des Einzelnen um so leichter vermeiden, als in dem intensiven Geruch des Gases ein warnendes Symptom gegeben ist.

Schwefelkohlenstoffdämpfe führen zuweilen zu Intoxikations-Erscheinungen bei den Arbeitern von Gummifabriken.

8. Beschäftigung mit giftigem Arbeitsmaterial.

Bei der Bearbeitung von giftigem Material kann die Aufnahme des Giftes theils durch Einathmung von Staub oder Dämpfen erfolgen, theils dadurch, dass in Folge von Berührungen und Hantirungen kleine Theilchen des Giftes in den Mund, auf Speisen u. s. w. gebracht werden und so in den Verdauungstraktus gelangen; theils endlich dadurch, dass von Hautwunden und Schrunden aus eine Resorption stattfindet. Meist kommen alle drei Wege in Frage; am häufigsten scheinen die Hantirungen zu Vergiftungen Anlass zu geben. — Die Stoffe, welche im Gewerbebetrieb hauptsächlich solche Vergiftungen veranlassen, sind: Blei, Zink, Quecksilber, Phosphor und Arsen.

Blei. Die Verwendung des Bleis zu den verschiedensten Gebrauchsgegenständen (Glasuren der Kochgeschirre, Wasserleitungen, Kinderspielzeug, Farben, Kitte u. dgl.) bewirkt Gefahren sowohl für zahlreiche gewerbliche Arbeiter wie auch für das kaufende Publikum. Von den in der Bleiindustrie beschäftigten Arbeitern erkranken 20—40 Procent an chronischer Bleivergiftung. — Zunächst sind die Hüttenarbeiter gefährdet; die Erzscheider relativ wenig, weit mehr die beim Rösten und Schmelzen der Erze und beim Abtreiben des Werkbleis beschäftigten Arbeiter, da ein Theil des Bleis und Bleioxyds sich bei diesen Processen in Form von Dampf verflüchtigt. Die hohe Temperatur und die starke Anstrengung unterstützen das Siechthum dieser Kategorie von Arbeitern. — Die Hauptmassen der beim Verhütten entstehenden Dämpfe gelangen nach aussen, Blei und Bleioxyd scheiden sich dann allmählich wieder aus und veranlassen eine gefährliche Ausbreitung bleihaltigen Staubes in der ganzen Umgebung der Hütte (Flugstaub, Hüttenrauch).

Die Verarbeiter des fertigen reinen Bleis, das zur Herstellung von Pfannen, Schrot, Bleirohr, Folie u. s. w. verwandt wird, sind relativ wenig exponirt. In höherem Grade die Schriftgiesser, namentlich beim Hobeln und Schleifen der aus einer Legirung von Blei, Antimon und Zinn bestehenden Lettern. Schriftsetzer sind ebenfalls durch die fortwährende Berührung der Lettern, namentlich aber durch den in den Setzkästen sich sammelnden resp. auf dem Fussboden durch das Herumtreten auf herabgefallenen Lettern entstandenen bleihaltigen Staub gefährdet.

Legirungen des Bleis mit Zinn werden ferner verwendet zum Löthen und Verzinnen, zu Folie, die zum Einwickeln von Käse, Tabak u. s. w. dient, und zu Mundstücken von Flaschen; weite Kreise des Publikums werden durch den Bleigehalt dieser Gebrauchsgegenstände

gefährdet. Besonders bedenklich ist die Benutzung von Schrot zum Flaschenspülen, da derselbe unter Zusatz von ca. 0·5 Procent arseniger Säure zum geschmolzenen Blei hergestellt wird.

In sehr erheblichem Grade tritt die Gefahr der Bleivergiftung in denjenigen Gewerben hervor, in welchen Verbindungen und namentlich Oxydationsstufen des Bleis hergestellt und verarbeitet werden.

Bleioxyd entsteht bei der Verarbeitung des Bleis auf Silber; nachdem es gemahlen, geschlemmt und gebeutelt ist, stellt es ein feines gelbes Pulver dar, das als Massikot in den Handel kommt und zur Herstellung von Bleipflaster und in der Glaserei (zur Herstellung der Glasarten von höherem Lichtbrechungsvermögen) Verwendung findet. — Das bis zur Rothgluth erhitzte Bleioxyd liefert die Mennige, die durch Pulverisation und Beuteln in feinste Staubform gebracht werden muss und dann zur Herstellung von Oelkitt dient. Die Arbeiter sind bei vielen der angeführten Manipulationen dem bleihaltigen Staub sehr exponirt.

Bleioxyd findet sich ferner häufig in der Glasur der Töpferwaaren und im Email der emaillirten Eisenwaaren. — Unter den Thonwaaren unterscheidet man A) dichte, die so stark erhitzt sind, dass ihre Masse halb verglast ist, und die daher auch ohne Glasur undurchdringlich für Wasser sind. Dahin gehört 1) das echte Porzellan, an dünnen Stellen durchscheinend, mit stets bleifreier Glasur. 2) Steinzeug, nicht durchscheinend. Das feine weisse, porzellanähnliche enthält in der Glasur Bleioxyd und Borax. Das gemeine graubraune oder blaue Steinzeug, das z. B. zu Mineralwasserkruken, Steintöpfen u. s. w. verarbeitet wird (Coblenzer Geschirr) enthält dagegen eine Kochsalzglasur, die stets bleifrei ist. Dieselbe wird so hergestellt, dass gegen Ende des Brennens ClNa eingeworfen wird; dasselbe wird durch die Kieselsäure des Thons und Wasser zersetzt, so dass sich HCl bildet, die entweicht (s. S. 531) und andererseits Natrium-Aluminiumsilikat, das die Glasur darstellt.

In eine zweite Abtheilung B) gehören die porösen Thonwaaren, bei denen die Masse nicht verglast ist, so dass sie ohne einen Glasurüberzug Wasser durchlassen. Porös sind z. B. die Fayencewaaren, mit meist blei- oder zinnhaltiger Glasur; ferner die gemeine Töpferwaare (gewöhnliches irdenes Kochgeschirr, Bunzlauer Geschirr). Hier ist die Glasur stets bleihaltig. Sie wird dadurch erzeugt, dass das Geschirr mit fein gemahlenem PbS bestäubt wird; es entweicht dann SO_2 und das entstandene PbO bildet mit Kieselsäure und Thonerde ein Blei-Aluminiumsilikat. Dieses die Glasur liefernde Silikat hält sich gegenüber verdünnten Säuren unverändert und lässt in diese kein Blei übergehen. Ist aber das Brennen mangelhaft gewesen oder war ein Ueberschuss von PbS zugesetzt, so wird z. B. von Essig Bleioxyd gelöst.

Emaillirte Eisenwaaren enthielten früher wohl bleihaltige Glasur, jetzt enthalten dieselben durchgehends nur Zinnoxyd mit Spuren von Blei. Bei stärkerem Bleigehalt wird Blei an Essig abgegeben.

Den hervorragendsten Procentsatz von gewerblichen Bleivergiftungen liefern die Fabriken von Bleiweiss [basisches Bleicarbonat, $(PbCO_3)_2 + Pb(OH)_2$]. Beim Ausnehmen des durch Einwirkung von Essig- und Kohlensäure auf Bleiplatten hergestellten Bleiweisses aus

der dazu dienenden Kammer athmen die Arbeiter grosse Mengen Bleiweissstaub ein und verunreinigen sich in hohem Grade Kleidung und Haut; ferner kommen beim Schlemmen des Präparates die Hände mit gelöstem Bleiacetat in Berührung. Beim Mahlen und Verpacken des trockenen Präparates wird wiederum massenhafter Staub aufgewirbelt.

Das fertige Bleiweiss wird hauptsächlich verwendet von **Malern**; es liefert mit Oel verrieben die beliebteste weisse Farbe; **Lackirer** benutzen es bei der Herstellung von Lackfarben, ferner wird es bei der Fabrikation von Abziehbildern, in Wachstuchfabriken, in Strohhutfabriken u. s. w. gebraucht.

Die **Schutzmaassregeln** gegen die Gefahren der Bleivergiftung entstehen beim **Verhüttungsprocess** vor Allem in einer Abführung der

Fig. 163. Röstofen (A) mit Flugstaubkammern (B).

Bleidämpfe in lange Condensations-Canäle resp. Kammern, die schliesslich in eine hohe Esse ausmünden. An den Wandungen der Canäle setzt sich in grosser Menge der sogenannte **Flugstaub** ab, der später weiter verarbeitet wird. Durch derartige Einrichtungen lässt sich ein fast vollständiger Schutz der Hüttenarbeiter erzielen. — Das Ausnehmen des Flugstaubes darf nur nach vollständigem Erkalten der Kammern und eventuell unter Vorlegen von Respiratoren geschehen.

In der **Bleiweissfabrikation** ist zunächst das Ausnehmen des fertigen Bleiweisses und das Abtrennen desselben von dem noch unzersetzten Blei dadurch gefahrlos zu machen, dass die Kammern mit einem Exhaustor oder einem Wasserzerstäuber versehen werden. Oder die Arbeiter tragen eine Staubmaske, welche Kopf und Halz einschliesst und aus einer doppelten Wandung von Aluminiumblech besteht; durch die innere durchlochte Wandung wird stets frische Luft nachgepumpt. Beim Schlemmen erhalten die Arbeiter lange, kalblederne Däumlingshandschuhe und müssen die Hände mit Schmalz einreiben. — Das

Pulverisiren des Bleiweisses (und der Mennige) kann in völlig geschlossenen sogenannten Desintegratoren geschehen. Das Stauben beim Einpacken kann dadurch unschädlich gemacht werden, dass über jeder Packstelle ein Exhaustor in Thätigkeit ist in der Weise, wie es schematisch in Fig. 164 dargestellt ist. Packraum (und Pulverisirmühle) sind durch die Saugröhren *c*, die mit trichterförmigen Ansätzen (*b*) versehen werden können, mit dem Exhaustor *d* verbunden. Dieser treibt die staubhaltige Luft in die Cisterne *e*, wo die Luft zu einem Zickzacklauf gezwungen wird, dann in ein mit Coaksstücken gefülltes Eisenrohr *f* und von da in's Freie. — Auch das Anreiben des Bleiweisses mit Oel lässt sich in verschlossenen Gefässen vornehmen.

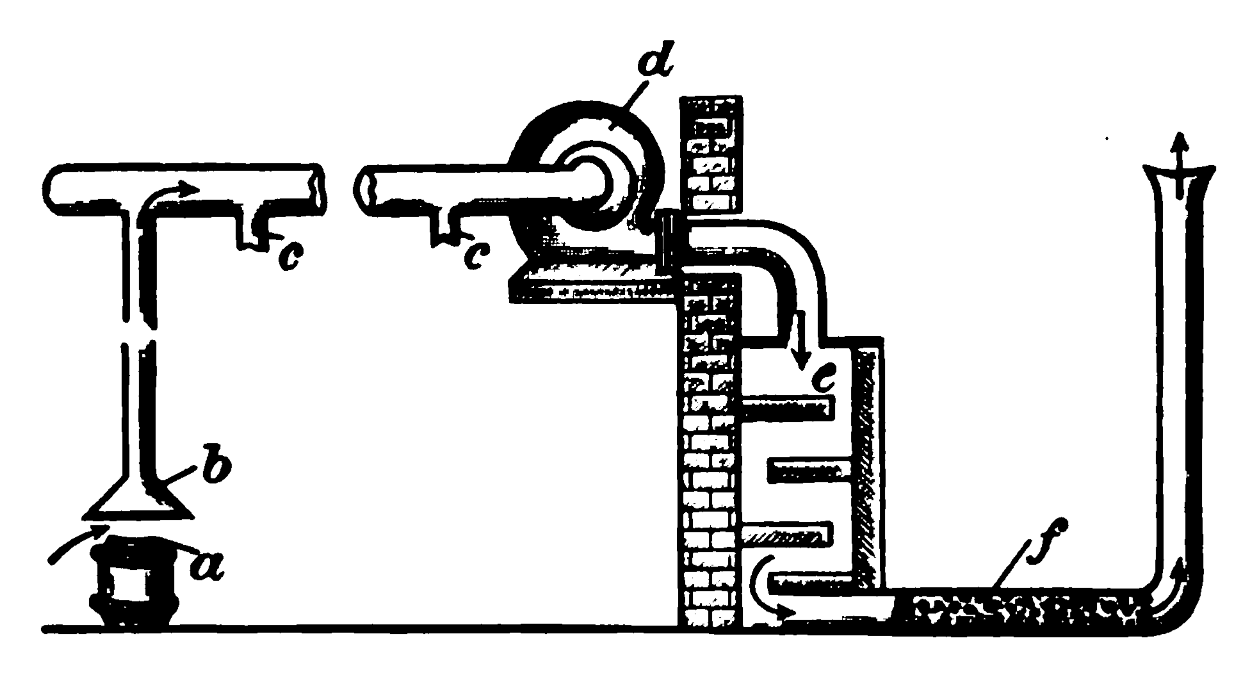


Fig. 164. Absaugung des Bleiweissstaubes.

In den übrigen Gewerben sind allgemeine Vorsichtsmaassregeln ausreichend (die übrigens auch in den Bleiweissfabriken trotz der vorbesprochenen Schutzvorkehrungen wohl zu beachten sind), und diese bestehen vor Allem in peinlicher Sauberkeit. Namentlich sollen die Hände ohne gründliche Reinigung nicht mit dem Munde oder mit Speisen in Berührung gebracht werden. Letztere sollen auch der Luft der Arbeitsräume nicht ausgesetzt werden. Wascheinrichtungen und Bäder, sowie besondere Speiseräume sind daher unbedingt in jeder Fabrik vorzusehen. Ferner sind die Kleider häufig zu wechseln.

In manchen Bleiweissfabriken hat sich die regelmässige Verabfolgung von Milch an die Arbeiter ($^3/_4$ Liter pro Kopf und Tag) als Prophylaktikum gut bewährt; auch Schwefelpillen sind von Einigen empfohlen. In einer Fabrik sind gute Erfahrungen gemacht mit einem steten häufigen Wechsel der zu den gefährlichen Beschäftigungen benutzten Arbeiter, da erfahrungsgemäss nur eine länger dauernde Aufnahme von Blei Schaden zu bringen pflegt.

Gegen die Gefährdung des Publikums durch bleihaltige Gegenstände ist in Deutschland Schutz gewährt durch das Reichsgesetz von

1887. Dasselbe bestimmt: 1) Ess-, Trink- und Kochgeschirre, die aus Metalllegirungen hergestellt sind, dürfen nicht mehr wie 10 Procent Blei enthalten. An der Innenseite müssen solche Geschirre verzinnt sein, und zwar darf das Zinn höchstens 1 Procent Blei enthalten. Löthstellen an der Innenseite müssen mit einer Legirung von höchstens 10 Procent Bleigehalt gelöthet werden. Zu Bierdruckapparaten, zu Siphons für kohlensaures Wasser und zu Metalltheilen an Kindersaugflaschen dürfen Legirungen von höchstens 1 Procent Bleigehalt verwendet werden. — Die Metallfolien, welche zur Packung von Kau-, Schnupftabak und Käse dienen, dürfen höchstens 1 Procent Blei enthalten. — Ferner darf für Saughütchen, Milchflaschen, Kinderspielzeug u. s. w. kein bleihaltiger Kautschuk verwendet werden.[1] 2) Email und Glasur von Ess- und Kochgeschirren darf beim halbstündigen Kochen mit 4 Procent Essigsäure haltendem Essig kein Blei an letzteren abgeben. — Die Einführung bleifreier Glasuren, z. B. aus Wasserglas und Calciumborat, stösst bei den gewöhnlichen Töpferwaaren auf grosse Schwierigkeiten.

So viel als möglich sollte übrigens dahin gestrebt werden, die Bleipräparate durch weniger schädliche zu ersetzen, z. B. das Bleiweiss durch Zinkweiss u. s. w.

Zink. Die Zinkhüttenarbeiter leiden zuweilen an einer chronischen Form von Zinkvergiftung. Derselben kann durch Ableitung der Zinkdämpfe in Flugstaubkammern und Essen begegnet werden. Das als Farbe und Lack viel gebrauchte Zinkweiss ist zwar weit weniger bedenklich wie das Bleiweiss; doch ist immerhin beim Pulverisiren u. s. w. Vorsicht und Anwendung von Exhaustoren geboten. — Eigenthümliche Vergiftungserscheinungen mit Malaria-ähnlichen Symptomen (sogen. Giessfieber) kommt bei Giessern vor, die mit geschmolzenem Messing (Legirung von Zink und Kupfer) zu thun haben; jedoch ist die genauere Entstehungsursache noch nicht sicher erkannt.

Quecksilber. Die Grubenarbeiter sind wenig, die Hüttenarbeiter etwas mehr exponirt; vor Allem aber kommen gewerbliche Quecksilbervergiftungen vor durch die Spiegelfabrikation, bei welcher das Quecksilber auf der Zinnfolie mittelst Tupfbäuschchen andauernd verrieben werden muss. Es kommt hierbei zur Verunreinigung der Luft mit Quecksilberdampf, hauptsächlich aber verbreitet

[1] Gummisachen, die mit Kindern in Berührung kommen, sollen aus weichem, schwarzem, auf Wasser schwimmendem Gummi bestehen, oder aus rothbraunem Kautschuk (mit unlöslichem Fünffach-Schwefelantimon gefärbt). Grauer Kautschuk enthält meist Zinkoxyd, das sich im Speichel lösen kann.

sich das Quecksilberamalgam durch Verschleudern als Staub im ganzen Raume. Die Vergiftung der Arbeiter scheint vorzugsweise durch Einathmung, nebenbei durch Verschlucken des Staubes und durch Berührungen zu erfolgen. — Ausser bei der Spiegelfabrikation beobachtet man noch bei der Herstellung von Thermometern und Barometern, ferner bei Vergoldern und Broncearbeitern Quecksilbervergiftungen. — Von Salzen des Quecksilbers ist das Merkuronitrat in der Hutmacherei, das Sublimat in Zeugdruckereien und in der medicinischen Praxis als Antisepticum in Gebrauch. Die Vergiftungen mit diesen Präparaten sind jedoch bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden.

Als Schutzmaassregel in den Spiegelfabriken wird vor Allem empfohlen, die Arbeiter nur kurze Zeit in den Belegräumen zu lassen und häufigen Wechsel des Personals einzuführen. Ferner ist auch hier, wie gegenüber der Bleivergiftung, Reinlichkeit, Kleiderwechsel u. s. w. indicirt. Die Belegräume sind mit Fussböden aus Cement oder Asphalt zu versehen, ferner gut zu ventiliren und zu reinigen. Tragen von Respiratoren ist in einigen Fabriken gebräuchlich; in anderen wird als Prophylaktikum Milch verabreicht; auch Mundspülwasser (Galläpfeltinktur, Lösung von übermangansaurem Kali oder Jodkalium) werden vielfach benutzt. Ausgiessen von Ammoniak in den Belegräumen bringt keinen wesentlichen Nutzen. — In den letzten Jahren wird der Quecksilberbelag der Spiegel allmählich durch den Silberbelag verdrängt und damit dem gewerblichen Merkurialismus am radikalsten entgegengearbeitet.

Phosphor. Der zur Zündholzfabrikation verwendete weisse Phosphor entwickelt in den Arbeitsräumen giftige Dämpfe, namentlich beim Bereiten der Zündmasse (Phosphor wird in siedende Gummilösung eingetragen, nach dem Erkalten werden unter Rühren oxydirende Substanzen und Färbemittel zugesetzt), sowie beim Eintauchen der Hölzer in die Zündmasse und beim Trocknen derselben. Theils durch die Einathmung der Dämpfe, theils durch Berührungen entsteht die sogenannte Phosphornekrose, eine langwierige Periostitis der Kiefer. — Die Vergiftung wird vermeidbar durch gründliche Ventilation der betreffenden Räume; an den exponirtesten Stellen müssen Exhaustoren angebracht werden. Ferner ist strenge Reinlichkeit und regelmässige ärztliche Controle der Arbeiter wünschenswerth, bei welcher alle diejenigen, welche cariöse Zähne oder Wunden im Munde haben, auszuschliessen sind. Besondere Mundspülwässer scheinen nichts zu nützen; dagegen will man in einzelnen Fabriken gute Erfolge beobachtet haben, wenn die Arbeiter Näpfchen mit Terpentin auf der Brust tragen resp. wenn in den Arbeits-

räumen solche Näpfchen aufgestellt sind; es soll dabei der P durch ozonisirten Sauerstoff oxydirt werden. In anderen Fabriken scheint sich das Aufstellen von Kupfersulfatlösung besser bewährt zu haben, aus welchem sich Phosphorkupfer neben metallischem Kupfer niederschlägt.

Jedenfalls sollte die Phosphorverarbeitung nur in Fabriken, nicht aber als Hausindustrie geduldet werden. Ferner ist zu wünschen, dass die mit giftigem Phosphor präparirten Zündhölzer möglichst durch solche verdrängt werden, die mit ungiftigen Substanzen hergestellt sind (z. B. mit chlorsaurem Kali, unterschwefligsaurem Blei und Gummi; oder wie die schwedischen Zündhölzer aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon als Zündmasse und braunem Phosphor und Schwefelantimon auf der Reibfläche).

Arsen. Bei der Verhüttung der Arsenerze sind die Arbeiter besonders gefährdet, welche das Ausnehmen der sublimirten und in den sogenannten Giftkammern wieder verdichteten arsenigen Säure bewirken; ferner diejenigen, welche das Verpacken der pulverförmigen arsenigen Säure besorgen. Hier kann akute Intoxikation drohen, und es ist daher die Arbeit in besonderen leinenen Anzügen, welche den Kopf einschliessen und mit Glasfenstern versehen sind, zu verrichten; ausserdem ist das Gegengift (Eisenoxydhydrat) stets vorräthig zu halten.

Chronischer, meist erst nach sehr langer Zeit manifest werdender Arsenvergiftung sind die Arbeiter ausgesetzt, welche mit der arsenigen Säure oder deren Verbindungen dauernd zu hantiren haben. Dieselbe wird z. B. gebraucht als Beizmittel für Felle, zum Ausstopfen von Thieren u. s. w.; namentlich aber zu Kupferarsenfarben (Schweinfurter Grün u. s. w.). Mit diesen Farben haben dann wieder Blumenmacherinnen, Arbeiter in Buntpapier- und Tapetenfabriken, in Zeugfärbereien u. s. w. zu thun. Die gewerblichen Vergiftungen sind jedoch durch peinliche Reinlichkeit und gute Ventilation zu vermeiden.

9. Gefährdung der Arbeiter durch Contagien.

Die Arbeiter sind der Aufahme von Contagien ausgesetzt theils durch die Berührung mit kranken Arbeitern sowie durch den Aufenthalt in inficirten Arbeitsräumen; theils haften Contagien an den zu bearbeitenden Objecten.

Die erstgenannte Verbreitungsart gilt vor Allem für die Tuberkulose. Sobald eine Anzahl von Phthisikern unter den im gleichen Raum Arbeitenden sich befinden, ist die Gefahr, dass Gesunde Tuberkelbacillen aufnehmen, ausserordentlich gross, da die Erkrankten gewöhnlich beim Husten rücksichtslos Sputumtröpfchen ausstreuen und das Sputum auf den Fussboden oder in's Taschentuch entleeren, wo dasselbe unter

den gegebenen Verhältnissen leicht austrocknen und in flugfähigen Staub verwandelt werden kann. — Durch die in Kap. X beschriebenen Vorsichtsmaassregeln beim Husten, durch Aufstellung von Spucknäpfen und strenge Anhaltung zur Benutzung derselben, bezw. durch Invaliditätserklärung bei einigermaassen vorgeschrittener Phthise kann zu einem wesentlichen Theile die Verbreitung gehindert werden.

Die übrigen beim Gewerbebetrieb übertragbaren contagiösen Krankheiten treten gegenüber der Tuberkulose in den Hintergrund. Erwähnt sei nur noch Syphilis, die bei Glasbläsern zuweilen durch das Blasrohr verbreitet wird; ferner sind Typhusepidemieen unter den Arbeitern einer Fabrik mehrfach beobachtet und entweder auf inficirtes Trinkwasser oder auf gemeinsam bezogene inficirte Nahrungsmittel oder auf Contakte zurückzuführen. Typhusinfektionen sind besonders Grubenarbeiter ausgesetzt, die unter Tage das in den Stollen sich sammelnde und durch Harn oder Fäkalien leicht erkrankter Arbeiter nicht selten verunreinigte sog. „Seigewasser“ zum Händewaschen oder Trinken benutzen. — Bei solchen Bergarbeitern, ferner bei Ziegelarbeitern, die auf stagnirendes Wasser angewiesen waren, ist auch die durch Anchylostoma hervorgerufene Anämie beobachtet (vgl. S. 205).

Als contagiöses Arbeitsmaterial kommt theils solches in Betracht, welches von erkrankten Menschen stammt, theils solches von mit Zoonosen behafteten Thieren, theils Material, welches mit einem Gemenge verschiedenster Bakterien verunreinigt ist.

Der Ansteckung durch menschliche Contagien sind vor Allem die Lumpensortirerinnen der Papierfabriken, die Lumpensammler und Trödler ausgesetzt. Ferner liegen die gleichen Gefahren vor für Arbeiter in Kunstwollfabriken und in Bettfederreinigungsanstalten. Letztere pflegen ausserdem durchaus primitive Verfahren anzuwenden, mittelst welcher keineswegs die Contagien vernichtet werden. — Die Lumpen bedürfen entschieden einer strengeren sanitären Ueberwachung als bisher; vor ihrer Sortirung und weiteren Verarbeitung sollte ihre Desinfektion verlangt werden. Die Bettfederreinigungsanstalten müssen gleichfalls zur Anwendung von wirklich desinficirend wirkenden Apparaten verpflichtet werden. — Durch ihr Gewerbe sind auch Aerzte, Krankenwärter, Hebammen u. s. w. den verschiedensten Infektionen ausgesetzt und bedürfen fortwährend der Anwendung besonderer Vorsichtsmaassregeln (s. im folgenden Kapitel).

Die Uebertragung von Zoonosen erfolgt zuweilen auf Schlachter, Abdecker, Gerber, Leim- und Seifensieder, Wollarbeiter, Kürschner und Rosshaararbeiter. Hauptsächlich kommt Milzbrand, seltener Rotz in Frage. Die in Abdeckereien erforderlichen Cautelen sind S. 487 bereits

besprochen; Wolle und Rosshaare von nicht sicher unverdächtiger Herkunft sind stets erst einer Desinfektion zu unterziehen, durch welche die Keime abgetödtet werden.

Canalarbeiter, Grubenräumer, kurz Arbeiter, welche mit bakterienreichen thierischen Abfällen zu thun haben, sind, wenn sie Wunden an den Händen haben, septischen Infektionen ausgesetzt. Jedoch scheinen derartige Erkrankungen relativ selten vorzukommen.

10. Unfälle.

Die Häufigkeit der Unfälle in den verschiedenen Berufszweigen ergiebt sich aus folgender nach Material aus dem Deutschen Reich zusammengestellten Tabelle von Villaret:

Von 1000 der im Beruf Beschäftigten wurden im Alter unter 60 Jahren invalide:

Land- und Forstwirthschaft	3·5	Maschinen, Werkzeuge, Instrumente	5·6
Bergbau, Hütten- und Salinenwesen	23·7	Textilindustrie	5·1
Chemische Industrie	9·5	Holz- und Schnitzstoffe	4·7
Nahrungs- und Genussmittel	6·9	Baugewerbe	4·4
Metallverarbeitung	6·0	Papier und Leder	3·9
Bekleidung und Reinigung	6·0	Industrie der Steine und Erden	3·5

Der Bergbau liefert demnach weitaus die zahlreichsten Unfälle und diese erfordern eine gesonderte Besprechung. Ausserdem sind die Unfälle durch explosives Material und Unfälle durch Maschinenbetrieb im Folgenden zu erörtern. Ueber Verbrennungen und Verletzungen des Auges siehe S. 523. Andere gewerbliche Unfälle, wie die Verletzungen durch Handwerkszeug (Zimmerleute), Ueberfahren u. s. w. dürfen hier übergangen werden.

a) Unfälle in Bergwerken.

Auf 1000 Bergbauarbeiter entfallen jährlich 2·5 tödtlich Verunglückte. 40 Procent dieser Verunglückungen erfolgen durch Hereinbrechen von Gesteins- und Kohlenmassen, 24 Procent durch Sturz und Beschädigung beim Ein- und Ausfahren in den Schächten, 11 Procent durch schlagende und böse Wetter.

Der erstgenannten Art von Unfällen ist durch sorgfältigen Abbau und Ausbau der Gruben vorzubeugen; und zwar ist dieser besser in Eisen oder in Mauerwerk als in Holz auszuführen; besondere Sorge ist auch für Absperrung der Wässer zu tragen.

Das Ein- und Ausfahren geschieht mit Leitern, Seilfahrten oder Fahrkünsten.

Erstere finden als anstrengend und gefährlich selten mehr Verwendung. Die Fahrkünste bestehen in zwei neben einander im Schacht hängenden und in bestimmten Abständen mit Bühnen versehenen Gestängen, welche durch Maschinenkraft intermittirend in entgegengesetzter Richtung um ein Gewisses auf- und niederbewegt werden. In der kurzen Ruhepause am Ende jedes Hubes befinden sich die beiderseitigen Bühnen in gleicher Höhe und der Fahrende muss alsdann von der einen Bühne zur anderen Seite übertreten. — Bei der Seilfahrt werden die zur Förderung der Kohlen dienenden Förderkörbe, die an Eisenseilen oder besser Gussstahlseilen bewegt werden, auch zur Einfahrt und Ausfahrt der Arbeiter benutzt.

Von 1000 Fahrenden verunglücken bei der Fahrkunst durchschnittlich jährlich 0·6, bei der Seilfahrt 0·1; letztere ist daher am meisten zu empfehlen. Dieselbe durch Fangvorrichtungen für den Fall eines plötzlichen Seilbruchs noch gefahrloser zu machen ist nicht gelungen; wichtiger ist die sorgfältige Behandlung und Controle der Förderseile.

Die schlagenden und bösen Wetter sind durch richtige Wetterführungen und Ventilation der Gruben zu beseitigen. Zur Ventilation benutzt man Wetteröfen oder Maschinenventilatoren (s. S. 414). Die Entzündung trotzdem angesammelter Wetter wird durch die Davy'sche Sicherheitslampe vermieden, deren Communikationsöffnung mit der freien Luft durch feines Drahtnetz verschlossen ist. Da eine Entzündung der Wetter jetzt hauptsächlich beim Wiederanzünden erloschener Lampen erfolgt, so ist von C. Wolf ein Mechanismus an den mit Benzin gespeisten Lampen angebracht, der beim Spannen und Losdrücken einer Feder einen mit kleinen Knallpräparaten versehenen Papierstreifen in das Innere der Lampe vorschiebt, so dass die Benzindämpfe Feuer fangen und die Lampe sich wieder entzündet, ohne dass man sie zu öffnen braucht. — Um böse Wetter anzuzeigen, sind sogenannte Uhren oder Indikatoren construirt, die darauf beruhen, dass in einem mit Thonplatten verschlossenen Gefäss in Methan-, Kohlenoxyd- oder Kohlensäure-haltiger Luft ein Ueberdruck entsteht, welcher dann eine Quecksilbersäule empordrückt und damit einen elektrischen Strom schliesst. — Besser scheint sich die Pieler'sche Wetterlampe zu bewähren. Dieselbe wird mit Spiritus gespeist und brennt farblos. Die Flammenhöhe wird in reiner Luft regulirt. Bei Grubengasgehalt zeigt sich dann ein Lichtkegel, der um so höher und breiter wird, je mehr Gas sich ansammelt. — Auch die obengenannten Benzinsicherheitslampen verhalten sich ähnlich. Bei geringem Gasgehalt der Luft verlängert sich die Flamme und wird spitzer; bei grösserem Gehalt steigt die Flamme

bis an den Deckel des Drahtkorbs, ist im oberen Theil roth gefärbt und russt etwas; bei noch stärkerer Gasmischung entzündet sich diese innerhalb des Drahtnetzes und bildet eine Aureole, die noch fortbrennt, während die Lampenflamme erlischt.

b) Unfälle durch explosionsfähiges Material.

In Frage kommen Staubexplosionen und Explosionen in Sprengstofffabriken. (Ueber Gasexplosionen s. S. 437).

In der Luft vertheilter Staub kann namentlich dann zu einer plötzlichen, explosionsartigen Verbrennung Anlass geben, wenn die Staubtheilchen Gelegenheit hatten, brennbare Gase auf sich zu condensiren. Kohlenstaub in Kohlengruben wird daher sehr explosiv, ebenso Mehlstaub in mit Gasbeleuchtung versehenen Mühlen. Eine kräftige Ventilation ist die geeignetste Vorsichtsmaassregel.

In Pulver-, Patronen- und Zündhütchenfabriken sind alle Reibungen mit Metalltheilen auszuschliessen, ferner ist auf gründlichste Reinlichkeit und vollständige Beseitigung alles Pulverstaubes zu achten. Das Betreten der Räume ist nur mit Filzschuhen gestattet, die einzelnen Arbeitsstände sind durch Drahtgaze vollständig zu trennen. — In den Dynamitfabriken sucht man die einzelne Arbeitsstelle noch strenger und zwar durch hohe und starke Wälle von Erde oder Mauerwerk zu isoliren. Eine Verbindung zwischen den Arbeitsstellen findet nur durch tunnelartige Gänge statt.

In neuerer Zeit werden als Ersatz des Dynamits andere Sprengstoffe, z. B. Securit, Roburit u. a., empfohlen, die relativ wenig Gefahr bieten; auch sind Sprengstoffe (Hellhofit) construirt, die aus zwei Componenten bestehen, einem Nitroderivat und concentrirter Salpetersäure, die jedes für sich nicht explosibel sind, sondern es erst im Moment des Zusammenbringens werden. Die Gefahr der zufälligen Explosion ist hierdurch fast ganz ausgeschlossen.

c) Unfälle durch Maschinenbetrieb.

Von den zahlreichen, bei der Construction und dem Betriebe der Dampfkessel und Dampfmaschinen erforderlichen Cautelen seien hier nur erwähnt zunächst die selbstthätigen Sicherheitsapparate an den Kesseln. Dieselben zeigen namentlich ein zu niedriges Sinken des Wasserstandes durch Signale, z. B. Pfeifen, an.

Sie werden entweder so construirt, dass ein im Kessel befindlicher Schwimmer eine Stange und an deren Spitze eine Kugel trägt; letztere verschliesst bei hinreichendem Wasserstand die Oeffnung eines Dampfcanals, der zu der Pfeife führt; beim Sinken des Wasserstandes hört der Verschluss auf und das Signal ertönt. Oder ein mit Pfeife versehenes Rohr ist für gewöhnlich mit einem

Pfropfen aus einer Legierung verschlossen, die im Wasser nicht, wohl aber in dem höher temperirten Dampf schmilzt. — Der ebenfalls wesentlich auf Legirung von bestimmtem Schmelzpunkt beruhende SCHWARZKOPF'sche Apparat zeigt durch sichtbares und hörbares Signal 1) beginnenden Wassermangel, 2) beginnende Drucküberschreitung, 3) trockenes Anheizen eines Kessels, 4) abnorme Erhöhung der Wassertemperatur (Siedeverzug) an.

Was die Betriebseinrichtungen anlangt, so sind die Schwungräder einzufriedigen und stets mittelst mechanischer Hülfsvorrichtungen, niemals mit der Hand anzudrehen. Wellen sind mit Schutzhülsen und Schutzringen zu umgeben, Riementransmissionen mit Schutzkasten zu verdecken. Die Transmissionen sind nie mit der Hand zu bedienen, vielmehr sind Riemenaufleger und Ausrückvorrichtungen zu benutzen. Die Arbeiter sollen sich stets einer möglichst eng anliegenden Kleidung (eventuell besonderer Arbeitsanzüge, z. B. des SCHWANOK'schen Arbeiterschutzanzuges) bedienen.

Einige specielle Sicherheitsvorrichtungen sind an landwirthschaftlichen Maschinen und an Kreissägen anzubringen. Von ersteren seien die Göpel genannt, deren Welle eingedeckt und deren Zahnräder und Triebwerke umkapselt sein müssen, ferner die Dreschmaschinen, welche früher vielfach Hand und Arm der mit dem Einlegen der Garben beschäftigten Arbeiter beschädigten und welche jetzt mit sogenannten Vorgelegen oder Einlegern versehen sind, so dass derartige Verletzungen vollständig ausgeschlossen sind. — Die Kreissägen führen zu Verletzungen dadurch, dass der Arbeiter mit der Hand gegen die Säge vorfällt oder dadurch, dass Holzstücke sich klemmen und von der rotirenden Scheibe mit grosser Gewalt fortgeschleudert werden oder endlich dadurch, dass die mit dem Forträumen der Spähne beschäftigten Arbeiter dem unteren Theil der Säge zu nahe kommen. Letztere Gefahr kann durch Umkleidung des unter dem Tisch befindlichen Theils der Säge leicht vermieden werden. Um das Klemmen und Zurückschleudern des Holzes zu verhüten, wird an der hinteren Peripherie ein Spaltkeil angebracht, dessen vordere Kante bis zur Dicke des Sägeblattes zugeschärft ist. — Um die Hand des beschäftigten Arbeiters zu schützen, existiren Einrichtungen wie in Fig. 165; das Blatt der Säge

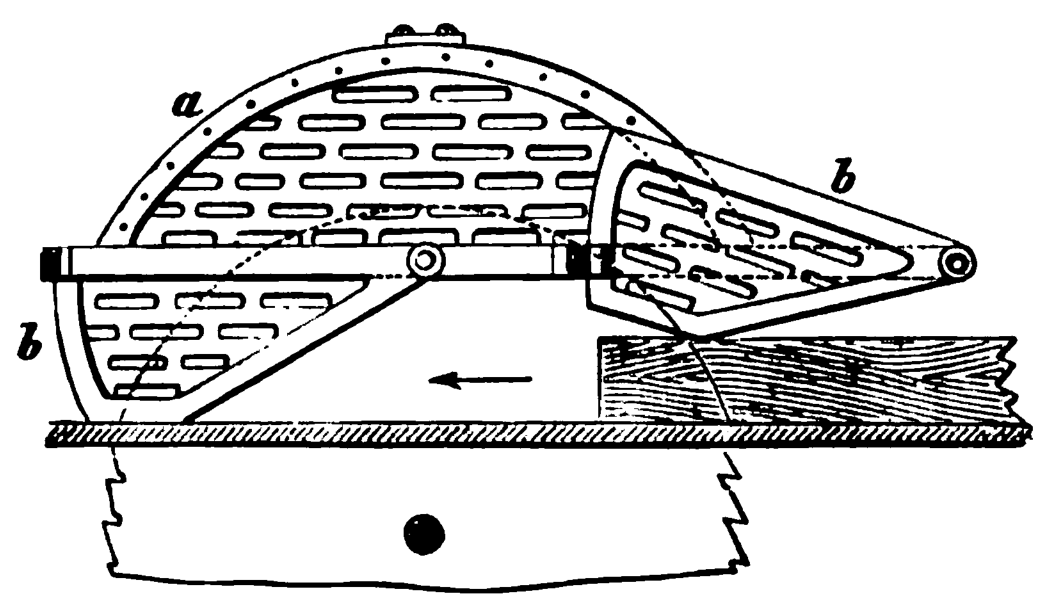


Fig. 165. Schutzvorrichtung an Kreissägen.

ist im oberen Theil mit einem festliegenden Gehäuse (*a*) bedeckt; am vorderen und hinteren Ende befinden sich je zwei um einen Drehpunkt leicht bewegliche Schwerter (*b*), die den unteren Theil der Säge decken. Das vorgeschobene Brett hebt die Schwerter, so dass das Schneiden gar nicht gehindert wird; hat das Brett die Säge passirt, so fällt sofort das vordere Schwerterpaar herunter. Derartige Vorrichtungen verringern wohl die Gefahr, beseitigen dieselbe aber nicht ganz.

Viele der im Vorstehenden geschilderten Gefahren für die Gesundheit der Arbeiter erscheinen noch weit bedenklicher, wenn es sich um jugendliche oder weibliche Arbeiter handelt.

Da das Wachsthum und die Entwickelung des Körpers erst mit dem 18. Jahre abgeschlossen ist, und da zwischen dem 12. und 16. Jahre sogar eine sehr erhebliche Aenderung des Körpers sich vollzieht, welche vorsichtige Regulirung der Ernährung, der körperlichen Bewegung, des Schlafs u. s. w. verlangt, so ist eine gewerbliche Thätigkeit während dieser Zeit nur mit starken Einschränkungen zulässig. Enge, schlecht ventilirte Arbeitsräume, ungünstige Körperhaltung, Staubinhalation und Gifte äussern in diesem Alter wesentlich schlimmere Wirkungen als gegenüber dem ausgewachsenen Organismus. — Ebenso ist die Frau ihrer Constitution nach zu den gewerblichen Arbeiten weniger geeignet; insbesondere entstehen leichter tiefe Ernährungsstörungen und die Beckenorgane werden durch sitzende Beschäftigung und durch Anstrengung krankhaft afficirt, vollends wenn Schwangerschaft und Wochenbett intercurriren und dabei keine genügend langen Arbeitspausen eingehalten werden. Es kommt hinzu, dass die verheiratheten Frauen, welche Fabrikarbeit betreiben, ihr Hauswesen nicht in Ordnung halten und ihren Kindern nicht die erforderliche Sorgfalt angedeihen lassen können.

Dementsprechend haben bereits die Regierungen fast aller europäischer Staaten Verordnungen erlassen, durch welche die Frauen- und Kinderarbeit beschränkt wird.

In Deutschland schreibt die Reichsgewerbeordnung (1. Juli 1883 und 1. Juli 1891) vor, dass die Unternehmer bei der Beschäftigung von Arbeitern unter 18 Jahren, die durch das Alter derselben gebotene besondere Rücksicht nehmen und dass sie denselhen die erforderliche Zeit zum Besuch der Fortbildungsschulen gewähren. Kinder unter 13 Jahren dürfen in den Fabriken nicht beschäftigt werden. Die Beschäftigung der Kinder unter 14 Jahren darf die Dauer von 6 Stunden täglich nicht überschreiten. Kinder, welche zum Besuch der Volksschule verpflichtet sind, dürfen in den Fabriken nur dann beschäftigt werden, wenn sie in der Schule einen regelmässigen Unterricht von wenigstens 3 Stunden täglich geniessen. Junge Leute zwischen 14 und 17 Jahren dürfen in den Fabriken nicht länger als 10 Stunden täglich beschäftigt werden. Die Arbeitsstunden der jugendlichen Arbeiter dürfen nicht vor 5½ Uhr

Morgens beginnen und nicht über $8^1/_2$ Uhr Abends dauern. Zwischen den Arbeitsstunden müssen an jedem Arbeitstage regelmässige Pausen gewährt werden. Die Pausen müssen für Kinder eine halbe Stunde, für junge Leute zwischen 14 und 16 Jahren Mittags eine Stunde, sowie Vormittags und Nachmittags je eine halbe Stunde mindestens betragen. — Wöchnerinnen dürfen während 3 Wochen nach ihrer Niederkunft nicht beschäftigt werden.

Zur Unterstützung der arbeitenden Frauen sind die Krippen und Kinderbewahranstalten (Kindergärten) von grosser Bedeutung; in ersteren finden die Säuglinge, in letzteren Kinder von 2—6 Jahren über Tag Aufnahme (ausserdem nehmen die Kinderhorte schulpflichtige Kinder in der schulfreien Zeit auf). — In den Krippen wachen geschulte Wärterinnen über die Ernährung der Kinder, über ihre sonstige Pflege und ihre Beschäftigung; ärztliche Revisionen sorgen namentlich für rechtzeitigen Anschluss contagiöser Kranker. Die Mütter bringen die Kinder in diese Anstalten, ehe sie zur Arbeit gehen und holen sie Abends wieder ab. Die für die Verpflegung zu zahlende Vergütung ist gering bemessen. Durch Beiträge der wohlhabenden Bevölkerung oder durch Zuschuss der Fabrikbesitzer sollte die Zahlung möglichst reducirt werden, und es wäre zu wünschen, dass jede grössere Fabrik, welche Frauen zur Arbeit einstellt, diese mit ausserordentlichem Erfolge wirkende humanitäre Einrichtung sich angelegen sein liesse.

B. Belästigung und Schädigung der Anwohner durch Gewerbebetriebe.

Gewerbliche Anlagen können die Nachbarschaft mit Explosions- und Feuersgefahr bedrohen. Durch gesetzliche Bestimmungen pflegt dieser Gefahr hinlänglich vorgebeugt zu sein. Ferner beeinflussen manche industrielle Anlagen (Hammerwerke, Kesselschmieden) die Nachbarschaft durch starken Lärm.

Die bestehenden Verordnungen gewähren gegen solche Etablissements wenig Schutz, da die Geräusche lediglich als belästigend anerkannt werden und die Anlage nur verboten wird, wenn öffentliche Gebäude sich in der Nähe befinden. Indess werden auch durch diese Geräusche zweifellos hygienische Interessen berührt. Es werden durch dieselben die Anwohner auf weite Entfernungen gezwungen, die Fenster geschlossen zu halten und somit auf das naturgemässe Ventilationsmittel während der wärmeren Jahreszeit zu verzichten. Ausserdem werden Kranke und Reconvalescenten, die auch unter Tages der Ruhe und des Schlafes bedürfen, geschädigt; und die geistig arbeitenden Umwohner werden in der Ausübung ihrer Berufsthätigkeit und ihres Erwerbes behindert. Es ist daher entschieden zu wünschen, dass den genannten Etablissements so viel als möglich Beschränkungen auferlegt werden, welche das Geräusch dämpfen, ohne doch den Betrieb zu beeinträchtigen, z. B. die Bestimmung, lärmende Arbeiten nur innerhalb geschlossener Räume vorzunehmen.

Von grosser Bedeutung ist die Verunreinigung von Luft und Wasser durch gewerbliche Anlagen.

Die Luft wird durch die Mehrzahl der Gewerbebetriebe mit grossen Mengen von Rauch und Russ verunreinigt. Durch gut

construirte Schornsteine, Einführung der Rauchverbrennung, die allerdings immer nur theilweise zum Ziele führt, namentlich aber durch sorgfältigen, von geschulten Heizern geleiteten Betrieb (s. S. 386) lässt sich dieser Uebelstand sehr wohl einschränken. — Unrichtig ist es, übermässigen Rauch nur als belästigend, nicht aber als gesundheitsnachtheilig anzusehen. Einmal sind die eingeathmeten Kohletheilchen nicht völlig indifferent für den Organismus (vergl. S. 164). Sodann wird in den Häusern, welche direct von der Rauchsäule getroffen werden, ein Oeffnen der Fenster völlig verhindert und selbst bei geschlossenen Fenstern die Athmung beeinträchtigt. Ausserdem wirkt die oft grosse Menge schweflige Säure, die im Rauch enthalten ist nachtheilig auf die Vegetation und die Umwohner.

Besondere gasförmige Verunreinigungen entstehen bei folgenden Gewerben (abgesehen von den S. 531 genannten, giftige Gase producirenden Anlagen):

Hüttenwerke liefern grosse Mengen schweflige Säure, die durch das Rösten der schwefelhaltigen Blei-, Zink- und Kupfererze gebildet wird. Die Vegetation wird durch solchen Hüttenrauch auf weite Entfernung geschädigt. — Häufig benutzt man jetzt den Hüttenrauch zur Herstellung von Schwefelsäure, eventuell nach vorausgegangener Concentration durch Absorption der Röstgase mittelst angefeuchteten Zinkoxyds, Wasser u. s. w.; wo das nicht durchführbar ist, muss der Hüttenrauch durch Flugstaubkammern (S. 535) und Ventilationsthürme unschädlich gemacht werden. — Ferner entwickeln Ultramarinfabriken, Alaunfabriken und auch Hopfenschwefeldarren grosse Mengen von schwefliger Säure.

Knochendarren und Knochenkochereien, ebenso Knochenbrennereien entwickeln auf sehr weite Entfernung üble Gerüche. Darmsaitenfabriken liefern Fäulnissgase, wenn das Material längere Zeit aufbewahrt wird und in Fäulniss geräth. In Leimsiedereien entstehen beim Kochen des Leims, sowie durch das Lagern der Rohmaterialien (Lederabfälle, Flechsen, Knochen) sehr üble Gerüche. In allen vorgenannten Gewerben ist eine vollständige Beseitigung der üblen Gerüche nicht zu erzielen, und dieselben sind daher in der Nähe von Wohnungen nicht zu dulden. Aehnliches gilt von Wachstuch- und Dachpappenfabriken, in welchen beim Aufstreichen der Firnisse resp. Tränken in Theer und namentlich beim nachfolgenden Trocknen intensive üble Gerüche unvermeidlich sind.

Verunreinigung des Grundwassers und der Flussläufe erfolgt durch viele gewerbliche Abwässer. Dieselben enthalten theils mine-

ralische Gifte, theils grosse Mengen organischer fäulnissfähiger Stoffe, theils Contagien.

Mineralische Gifte finden sich z. B. in den Abwässern von Zinkblende- und Schwefelkiesgruben (Zinksulfat, Schwefelsäure), von Drahtziehereien (Schwefelsäure, Eisensulfat, Kalk), von Sodafabriken (Kalk, Arsen, Schwefelwasserstoff, Calciumsulfid, Natriumsulfid), der Kaliindustrie (namentlich Chlormagnesium), von Chlorkalkfabriken (Salzsäure, Arsen), von Schnellbleichen (Chlorkalk), von Färbereien (Kupfer-, Blei-, Antimon-, Arsen-Verbindungen), von Gerbereien (Kalk-, Arsen-Verbindungen).

Grosse Mengen organischer, fäulnissfähiger Stoffe liefern in ihren Abwässern die Stärkefabriken (1—4 g organische Stoffe in 1 Liter), Leimsiedereien (ca. 2 g o. St. in 1 Liter), Bierbrauereien (1 g o. St. in 1 Liter), Zuckerfabriken (2—3 g feste Bestandteile, 0·3 g o. St. in 1 Liter), Papierfabriken (1—4 g o. St.), Sulfit-Cellulose-Fabriken (ausserordentlich grosse Mengen o. St., ausserdem Kaliumsulfit), Wollwäschereien (bis 30 g o. St.), Tuchfabriken und Färbereien (oft intensive Färbung des aufnehmenden Wassers), Gerbereien, Schlachthäuser.

Contagien können enthalten sein in den Abwässern der Zubereitungsanstalten für Thierhaare, der Schlachtereien und Gerbereien.

Schwere Gesundseitsschädigung der Anwohner kann von den Contagien und von mineralischen Giften ausgehen. Namentlich haben die arsenhaltigen Abwässer bezw. festen Abfälle der Anilinfarbenfabriken und der Gerbereien (wo Arsenverbindungen zum Enthaaren benutzt werden) mehrfach zu chronischer Arsenvergiftung der Umwohner mit zum Theil tödtlichem Ausgang geführt. Die Verbreitung kann dabei nicht nur durch Bäche und Flüsse erfolgen, sondern bei grobporiger Beschaffenheit der wasserführenden Bodenschichten auch durch das Grundwasser und die in dieses eingebauten Brunnen.

Am sinnfälligsten ist die Verunreinigung der Bäche und Flüsse durch schlammbildende, färbende und fäulnissfähige Stoffe. Wie bereits oben (S. 464) betont wurde, kommen die extremsten Grade von Flussverunreinigung nicht sowohl durch städtische Abwässer, als vielmehr durch Industrieabwässer zu Stande. Verpestender Geruch geht von solchen Flüssen auf weite Entfernungen aus und belästigt die in der Nähe angesiedelten Menschen; der Lauf des Wassers wird durch die Schlammablagerung und die Verpilzung der Oberfläche immer mehr gehemmt; jede Benutzung des Wassers ist durch seine Trübung, seine Farbe und seinen Gestank unmöglich geworden; die Fischzucht muss völlig aufhören.

Eine Reinigung der Industrieabwässer vor dem Einlauf in die Flüsse ist daher fast stets erforderlich. Die schwierige Frage ist nur, bis zu welchem Grade eine solche Reinigung verlangt werden soll. Die Industrie kann der Flüsse als natürlicher Recipienten ihrer Abwässer nicht entbehren, und vollständige Reinigung der letzteren ist gewöhnlich nur mit einem Kostenaufwand zu leisten, den die Industrie nicht tragen kann.

Nach der geltenden Rechtsprechung kann auch der Unterlieger nicht ein völliges Reinhalten des Flusslaufs seitens der Oberlieger verlangen. Es wird vielmehr nur der Grundsatz festgehalten, dass die in einen Fluss geleiteten Abwässer „nicht über das Gemeinübliche hinaus" verunreinigt sein dürfen. Summiren sich im Lauf eines Flusses zahlreiche vorschriftsmässig gereinigte Fabrikabwässer, so kann doch die Verunreinigung des Flusswassers so hochgradig werden, dass dasselbe für mancherlei Zwecke nicht mehr verwendbar ist; ein Einspruch des Unterliegers ist dann aber nicht statthaft.

Wann sind nun Abwässer einer Fabrik noch als rite gereinigt anzusehen, wann als über das Gemeinübliche verunreinigt?

Unbedingt sollen alle suspendirten, verschlammenden Theile der Abwässer vollkommen beseitigt und diese an der Einlaufstelle klar und durchsichtig sein. Dies ist durch die oben beschriebenen mechanischen und chemischen Klärmethoden relativ leicht zu erreichen. Hinter einander angebrachte Klärteiche und Klärgruben mit Zusätzen von Kalk, Thonerde oder Eisensalzen pflegen das Erforderliche zu leisten. Die Verfahren von Müller-Nahnsen (s. S. 477), Liesenberg (Zusatz von Natriumferrit, Natriumaluminat und Kalk), Hulva (Zusatz von Eisen- und Thonerdesalzen, Kalk, Magnesia und Zellfaser), und viele andere sind in zahlreichen Betrieben eingeführt und haben gegenüber den industriellen Abwässern leichteren Erfolg wie gegenüber den sehr variabelen städtischen Abwässern.

In vielen Fällen genügt aber die Klärung der Abwässer allein nicht. Gelangen sie in kleine und langsam fliessende Wasserläufe, so zeigt sich in diesen oft dennoch stinkende Fäulniss und eine solche Verpilzung des Wassers, dass dadurch eine Hemmung des Abflusses und Ablagerung von faulenden festen Massen entstehen kann.

An der Verpilzung betheiligt sind 1. Beggiatoa alba (s. S. 81). Feiner, kurzfasriger, weisslich-grauer Belag, der vorzugsweise den schlammigen Boden überzieht; in wenig bewegtem Wasser, Klärteichen; erzeugt Schwefelwasserstoff. Meist gleichzeitig intensive stinkende Fäulniss, Trübung des Wassers durch schwarzen Schlamm, der Schwefeleisen enthält. 2. Sphaerotilus natans; den S. 80 aufgeführten Spaltpilzen am nächsten stehend. Weissgelbliche oder graue schleimige Massen, in starkfliessendem Wasser am reichlichsten. Bedarf starker Sauerstoffzufuhr, wuchert vorzugsweise im Winter; im Sommer nur an Wehren, Mühlrädern u. s. w. Die Pilzrasen entwickeln einen widerlich süssen Geruch. Verhältnissmässig zarte, 2—3 μ dicke lange Fäden aus kurzen, in farblose Scheiden eingeschlossenen Zellen bestehend. 3. Leptomitus lacteus; ein zu den Oomycetes gehöriger Pilz. Dem vorigen makroskopisch ähnlich. Weisse bis röthliche und schwarzgraue Rasen oder Häute. Entwickelt sich ausschliesslich im Winter. Fäden viel dicker wie bei Sphaerotilus, bis 45 μ, mit Einschnürungen und scheibenförmigen, stark lichtbrechenden Cellulinkörnern.

Um auch die löslichen Bestandtheile der Abwässer so weit zu vermindern, dass keine sinnfällige Fäulniss und keine Verpilzung des Wasserlaufs mehr eintreten kann, müssen die oben aufgeführten Mittel: Berieselung, Bodenfiltration, Oxydationsverfahren zur Anwendung kommen. In vielen Betrieben ist damit in der That ausreichende Wirkung erzielt. Der Bodeneinfluss versagt aber oft z. B. bei den Zuckerfabriken, die gerade während des Winters in Betrieb sind.

Hier scheint das dem Dibdin'schen Verfahren theilweise ähnliche Verfahren von Proskowetz das beste zu leisten. Es besteht darin, dass zunächst eine Kalkfällung erfolgt, dass dann die Abwässer ein „hoch drainirtes" Rieselfeld, darauf ein „tief drainirtes" Rieselfeld passiren und nun in einen Sammelbrunnen gelangen; bei diesen Proceduren findet eine Spaltung der fäulnissfähigen organischen Stoffe durch intensive Fäulniss statt. Zum Schluss folgt nochmaliger Kalkzusatz und mechanische Klärung, durch welche die restirenden organischen Stoffe fast gänzlich ausgefällt werden.

Trotz guter Beseitigung auch der gelösten Abwässerstoffe lässt sich manchmal eine gewisse Verpilzung des Wasserlaufs doch nicht hintanhalten. Es handelt sich dann aber gewöhnlich nur um eine Wucherung von Leptomitus lacteus; während Sphaerotilus und Beggiatoa sich in erheblich stärker verunreinigtem Wasser entwickeln. Ausgedehnte Wucherung der beiden letztgenannten Pilze, sinnfällige Fäulniss und Trübung dürfen daher als die wesentlichsten Merkmale einer ungenügenden Abwässerreinigung angesehen werden.

Zur Errichtung von gewerblichen Anlagen, welche für die Umwohner erhebliche Belästigungen oder Gefahren herbeiführen können, ist vorherige Concession durch die zuständigen Behörden erforderlich. Zu diesen Anlagen gehören z. B. Gasanstalten, Kalk-, Ziegel-, Gypsöfen, Erzröstöfen, Metallgiessereien, Hammerwerke, Schnellbleichen, Darmsaiten-, Dachpappenfabriken, Leim- und Seifensiedereien, Knochendarren, Gerbereien, Abdeckereien u. a. m. (s. Gewerbeordnung für das deutsche Reich § 16).

Ausserdem ist eine fortlaufende Controle aller zum Schutz der Umwohner und zur Sicherung der Arbeiter in den Gewerbebetrieben getroffenen Einrichtungen erforderlich. Diese Controle liegt in der Hand der Fabrikinspektoren. Dieselben haben auf die Sicherheit des Betriebes für die Arbeiter ihr Augenmerk zu richten, die Anbringung von fehlenden Schutzvorrichtungen anzurathen, die Uebereinstimmung der ganzen Einrichtung und des Betriebes einer Fabrik mit der ertheilten Concession zu prüfen und zu controliren, die eventuelle Belästigung der Umgebung der Fabrik durch den Betrieb fest-

zustellen, vorkommenden Falles die Maassregeln zur Beseitigung zu treffen oder doch einzuleiten; endlich haben sie die Aufgabe, die Beschäftigung der jugendlichen Arbeiter und Frauen zu überwachen.

Litteratur: Roth, Bluhm, Kraft u. A., Gewerbehygiene, in Weyl's Handb. der Hygiene, 1894—96. — Heinzerling, Die Gefahren und Krankheiten in der chemischen Industrie, 1886. — Pütsch, Die Sicherung der Arbeiter, 1880. — Kraft, Fabrikhygiene, 1891. — Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896. — König, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Aufl. 1899. — S. ferner die „Berichte" der Fabrikinspektoren.

Zehntes Kapitel.

Die parasitären Krankheiten.

Die Verbreitungsweise der parasitären Krankheiten und die Schutzmaassregeln gegen dieselben haben bereits in mehreren der vorhergehenden Kapitel Berücksichtigung finden müssen, da die hygienische Bedeutung des Bodens, des Wassers, vieler Nahrungsmittel, der Abfallstoffe u. s. w. vorzugsweise auf der gelegentlichen Verbreitung von Parasiten durch dieselben beruht. Die zerstreuten Details sind jedoch nicht geeignet, für den wichtigsten Theil der Lehre von den Krankheitsursachen ausreichendes Verständniss zu erzielen; und es erübrigt daher an dieser Stelle, eine zusammenhängende und übersichtliche Darstellung der Verbreitungsweise und der Verhütung der parasitären Krankheiten zu geben.

Zu den parasitären Krankheiten (mit einem weniger bezeichnenden Ausdruck „Infektionskrankheiten" genannt) rechnen wir diejenigen Krankheiten, welche durch einen von aussen in den Körper des Kranken gelangenden und sich dort vermehrenden, mithin organisirten Krankheitserreger verursacht werden; gewöhnlich jedoch mit der aus praktischen Gründen gebotenen Einschränkung, dass die durch grössere thierische Parasiten (Finnen, Trichinen, Krätzmilben u. s. w.) veranlassten Krankheiten als sog. „Invasionskrankheiten" abgezweigt werden.

Jede parasitäre Infektion ruft einen Kampf zwischen den Parasiten und dem befallenen Oganismus hervor. Die Kräfte, über welche die Parasiten dabei verfügen, sind vor allem ihre Vermehrungsfähigkeit in den Säftendes lebenden Körpers, trotz der Schutzvorrichtungen des

letzteren; bei manchen ausserdem die Sekretion löslicher Gifte; bei anderen das Vermögen, Zellen des Körpers krankhaft zu verändern oder zum Absterben zu bringen; endlich bei vielen Parasiten die Eigenthümlichkeit, dass aus den Leibern der absterbenden Individuen Gifte entstehen. Ein theilweises Absterben erfolgt aber regelmässig wie bei jeder lebhaften Wucherung, so auch im lebenden Körper; ausserdem in letzterem oft in specifischer Weise und in stark erhöhtem Maasse in Folge der Schutzeinrichtungen des Körpers, die auf ein Abtödten von Parasiten abzielen.

Der befallene Organismus seinerseits verfügt in seinen Säften über Stoffe, welche die Eindringlinge abzutödten und aufzulösen vermögen; sodann über Gegengifte, welche die Gifte des Parasiten neutralisiren; ferner über besondere Zellen, welche die Eindringlinge beseitigen helfen, indem sie dieselben intracellulär verdauen. Das Eindringen der Parasiten giebt den Anreiz zur erhöhten Bildung der Schutzstoffe seitens des gefährdeten Körpers; je besser ein Körper die Schutzvorrichtungen gegenüber einem Parasiten in Aktion zu setzen vermag, um so weniger ist er für eine Erkrankung durch diesen Parasiten disponirt und um so weniger virulent ist der Parasit ihm gegenüber. Die virulentesten Parasiten sind diejenigen, welche die schützenden Substanzen des Körpers unwirksam zu machen und auszuschalten vermögen, oder welche für die Schutzvorrichtungen des befallenen Individuums gar keine Angriffspunkte bieten.

Die Erkrankung ist entweder dadurch gekennzeichnet, dass der Parasit sich ungehemmt im Körper vermehrt, weil er durch die parasitentödtenden Substanzen des Körpers kaum merklich aufgehalten wird. Aldann genügt das Eindringen einer minimalen Zahl von Individuen des Parasiten in einen völlig gesunden Körper zur oft tödtlichen Infektion. Nach Ablauf der kurzen Inkubationszeit, welche für die Parasiten zur Ueberwindung der Widerstände des Körpers und zum siegreichen Vordringen ausreicht, kommt es in wenigen Tagen, ja Stunden zur Ueberschwemmung des Körpers mit ungezählten Parasiten. Am prägnantesten sehen wir dies bei den septischen Erkrankungen (Milzbrand-, Pneumokokkensepsis bei Versuchsthieren, Pestsepsis u. s. w.). Lösliche Toxine spielen in diesen Fällen eine untergeordnete Rolle. Nur toxische Stoffe, welche aus den abstrebenden Individuen der wuchernden Parasitenmasse oder vielleicht auch aus den unter dem Einfluss der Parasiten zerstörten Körperzellen entstanden sind, helfen den Ausgang beschleunigen.

Reicht die Virulenz des Parasiten nicht aus, um ihm ohne Weiteres ein Wachsthum im Innern des Körpers zu ermöglichen, so vermag er

doch vielleicht an gewissen Lokalitäten, z. B. auf Schleimhäuten, namentlich wenn dieselben vorher geschädigt sind, zu wuchern. Dringt er von da in grösserer Zahl ins Innere des Organismus vor, so werden zunächst eine Menge von Individuen geopfert, um die schützenden Stoffe des Körpers zu binden, und die beim Absterben frei werdenden Toxine wirken dahin mit, dass schliesslich die überlebenden Individuen zu einer örtlichen oder allgemeinen Ausbreitung gelangen können.

Eine andere Kategorie von parasitären Erkrankungen ist dadurch gekennzeichnet, dass der Parasit vorzugsweise durch secernirtes Gift wirkt, das schon bei geringfügiger Wucherung in genügender Dosis producirt wird, um den nicht genügend durch Antitoxin geschützten Körper in kurzer Zeit schwer zu vergiften (Tetanus, Diphtherie).

Für die Ausbreitung der parasitären Krankheiten kommt zunächst in Betracht, dass dieselben sämmtlich vom Erkrankten auf den Gesunden fortgesetzt übertragbar sind. Die Uebertragung kann in manchen Fällen auf Schwierigkeiten stossen; vielleicht ist sie nur in einem begrenzten Stadium der Krankheit und unter Anwendung eines bestimmten Uebertragungsmodus (Blutüberimpfung, Zwischenwirth) ausführbar. Immerhin ist die Möglichkeit der Uebertragung vorhanden, so lange die Parasiten sich im befallenen Körper vermehren und hierdurch die Infektion bewirken.

In dieser fortgesetzten Uebertragbarkeit liegt der wesentlichste Unterschied gegenüber den Intoxikationen. In früherer Zeit hat man diese Grenze nicht scharf genug gezogen; insbesondere nahm man an, dass Infektionskrankheiten auch durch ein Miasma, d. h. durch gasförmige, chemische Körper, die nicht reproduktionsfähig sind, entstehen können. Dass riechende oder nicht riechende Gase, Emanationen des Bodens u. s. w. in gar keiner ätiologischen Beziehung zu irgend einer parasitären Krankheit stehen, ist bereits oben S. 159 näher begründet. Der Begriff der „miasmatischen Infektionskrankheiten“ ist daher völlig fallen zu lassen.

Mit den allen Infektionserregern gemeinsamen Eigenschaften der Vermehrungsfähigkeit und der Uebertragbarkeit ist aber noch nichts ausgesagt über die natürliche Verbreitungsweise der Infektionskrankheiten. In Bezug auf diese sind namentlich zwei Gruppen von parasitären Krankheiten zu unterscheiden:

Erstens Infektionskrankheiten, welche sich nur vom Kranken aus auf den Gesunden verbreiten, so dass der Kranke immer das Centrum für die Ausbreitung bildet. Die Erreger dieser Krankheiten verlassen den Körper des Kranken in infektionstüchtigem Zustand und

gehen unverändert, entweder direct oder nach einem kürzeren oder längeren Aufenthalt in der Umgebung bezw. auf der Haut oder Schleimhaut unempfänglicher Menschen auf empfängliche Individuen über (Syphilis, Tuberkulose, Diphtherie u. s. w.). — Diese Krankheiten werden als contagiöse, ansteckende, bezeichnet.

Zweitens Krankheiten, bei welchen der Kranke keine wesentliche Rolle spielt, wo die Infektion vielmehr von irgend einem Theil der Umgebung aus erfolgt, in welchem die Erreger ohne merkliche Mitwirkung eines Kranken verbreitet sind. Dass der Kranke hier nicht das offenbare Centrum für die Uebertragung bildet, kann daran liegen, dass die Infektionserreger den Kranken nicht in infektionstüchtigem Zustand verlassen, sondern vielleicht erst in Zwischenwirthen eine Reifung erfahren müssen (Malaria); oder daran, dass die Erreger in der Umgebung sehr verbreitet sind resp. sich dort ausgiebig zu vermehren pflegen, so dass die im Kranken vorhandenen und von ihm ausgeschiedenen Erreger dem gegenüber gar nicht in Betracht kommen (Eiterkokken, malignes Oedem, Tetanus, Erreger der Cholera infantum). — Diese übertragbaren Krankheiten bezeichnet man als „ektogene“.

Beide Gruppen von Krankheiten lassen gewisse Uebergänge erkennen. Unter den Erregern der contagiösen Krankheiten giebt es allerdings obligate Parasiten, die nur im Körper des Warmblüters wuchern (Syphilis, akute Exantheme). Andere aber sind künstlich cultivirbar und auch unter natürlichen Verhältnissen zuweilen einer gewissen saprophytischen Vermehrung fähig (fakultative Saprophyten). Für gewöhnlich ist indess diese Vermehrung nicht derartig, dass den in der Umgebung neu gebildeten Individuen ein irgend wesentlicher Antheil an der Verbreitung zukommt; sondern die unverändert conservirten, vom Kranken ausgeschiedenen Erreger veranlassen vorzugsweise die Infektionen (Typhus, Cholera, Milzbrand). — Zuweilen scheint es aber doch vorzukommen, dass bei Typhus, Cholera, Milzbrand die äusseren Verhältnisse einer Wucherung der Erreger besonders günstig sind; oder dass in Folge zahlreichster Erkrankungen und mangelhafter Beseitigung der von Kranken ausgeschiedenen Erreger eine äussert umfangreiche Ausstreuung stattgefunden hat. In diesem Falle ändert sich das Bild der Verbreitungsweise. Es ist dann die Nähe eines Kranken und eine nachweisbare Verbindung mit einem solchen nicht mehr erforderlich, um die Infektion hervorzurufen, sondern es überwiegen die Infektionen von Theilen der Umgebung aus und die Krankheit nähert sich dem Typus der ektogenen Infektionskrankheiten (Cholera, Milzbrand im endemischen Gebiet).

Andererseits können auch die Erreger der ektogenen Infektionskrankheiten ausnahmsweise vom Kranken auf den Gesunden übertragen werden: so die Malaria durch Ueberimpfung von Blut, malignes Oedem und Tetanus beispielsweise durch Injektionsspritzen, welche erst beim Kranken und dann beim Gesunden gebraucht waren; Eiterkokken durch die allerverschiedensten Contakte. In schlecht geleiteten Hospitälern können sogar die meisten Eiterungen durch Kokken veranlasst werden, die mehr oder weniger direct von anderen Kranken stammen. Ferner scheint es vorzukommen, dass ektogene Krankheitserreger im befallenen kranken Menschen erheblich an Virulenz zunehmen, so dass die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger viel leichter neue Opfer fordern und sich in ihrer Verbreitungsweise den Contagien nähern. — Für gewöhnlich ist aber der Kranke zur Entstehung dieser Infektionen nicht unbedingt erforderlich; die Erreger sind wie Saprophyten verbreitet, wachsen auf geeignetem todtem Substrat und sind daher an gewissen Stellen der Umgebung in grosser Menge verbreitet. Mit Rücksicht auf ihre nur gelegentliche parasitäre Rolle kann man sie als fakultative Parasiten bezeichnen.

Durch eine solche Gruppirung ist indess die Verbreitungsweise der einzelnen parasitären Krankheit noch bei Weitem nicht hinreichend gekennzeichnet.

Bei den durch Contagion übertragbaren Krankheiten macht sich z. B. ein sehr verschiedener Grad von Contagiosität bemerkbar. Kranke, die an einer bestimmten übertragbaren Krankheit leiden, können neben einander im gleichen Zimmer liegen ohne sich anzustecken, weil bei dieser Krankheit erst innige Berührungen oder besondere Hantirungen die Uebertragung bewirken; bei anderen contagiösen Affektionen ist dagegen die ganze Umgebung des Kranken in weitem Umkreis gefährdet. Es ist daher eine völlig falsche aber noch bei manchen Aerzten verbreitete Vorstellung, dass die Ansteckung bei allen contagiösen Krankheiten gleichmässig verlaufen müsse; und es darf eine Krankheit durchaus nicht aus der Kategorie der contagiösen deshalb gestrichen werden, weil ihre Ausbreitungsart dem Bilde gewisser stark contagiöser Krankheiten nicht entspricht. Auch Kranke mit Krätze und Läusen können bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit mit anderen Kranken in einem Zimmer gehalten werden, ohne dass Uebertragungen stattfinden; und doch wird Niemand deshalb leugnen, dass für gewöhnlich die Uebertragung dieser Parasiten von Mensch zu Mensch erfolgt.

Am stärksten contagiös sind offenbar diejenigen Infektionskrank-

heiten, bei welchen grosse Massen resistenter Erreger auf allen Wegen, durch Berührungen, durch die verschiedensten Gebrauchsgegenstände, durch Luftströmungen u. s. w. vom Kranken aus verbreitet werden und oft noch nach Monaten und Jahren in infektionstüchtigem Zustande auf gesunde Menschen gelangen; bei welchen ausserdem die Erreger sehr leicht in den Körper des Gesunden eindringen, und für welche eine sehr verbreitete Disposition unter den Menschen vorhanden ist (Pocken, Masern). Geringer wird die Contagiosität, wenn zwar die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger zahlreich, resistent und auf den verschiedensten Wegen transportfähig sind, wenn aber die Empfänglichkeit des Gesunden beschränkt ist (Scharlach). Bedeutend verringert wird die Contagiosität, wenn die Erreger nur in bestimmten Sekreten des Kranken abschieden werden, wenn sie dazu von beschränkter Lebensdauer sind, wenn sie durchaus an eine bestimmte Invasionspforte, z. B. in den Darm gelangen müssen, um Infektion auszulösen, und wenn bei Gesunden hier noch gut funktionirende Schutzvorrichtungen den eingedrungenen Erregern entgegenwirken (Cholera). Endlich kommen noch Contagien von so geringer Resistenz vor, dass die Ansteckung fasst nur durch bewusste Berührung mit völlig frischem Sekret des Kranken zu Stande kommt (Syphilis, Hundswuth).

Aehnliche Differenzen gelten für die Erreger der ektogenen Infektionskrankheiten. Die weit verbreiteten Eiterkokken, die in jeder kleinsten Wunde eine Ansiedelungsstätte finden, bewirken zahllose Infektionen. Die Oedem- und Tetanusbacillen sind ebenso allgemein verbreitet, führen aber unendlich viel seltener zur Infektion, weil es dazu disponirender Wunden von ganz bestimmter Beschaffenheit bedarf. Die Malariainfektionen sind wiederum auf solche Oertlichkeiten und solche Jahreszeit beschränkt, in denen bestimmte Stechmücken schwärmen, und befallen Menschen nur dann, wenn diese Mücken von Malariakranken Parasiten bezogen haben und nach entsprechender Frist Menschen stechen.

Um bei der grossen Menge ausgesprochener Differenzen die Gesetzmässigkeiten in der natürlichen Verbreitung der Infektionskrankheiten schärfer zu erkennen, wird es nöthig sein, die einzelnen, im Vorstehenden nur flüchtig hervorgehobenen einflussreichen Momente genauer zu erörtern.

Bei der Ausbreitung einer Infektionskrankheit sind betheiligt:

1) Die Infektionsquellen, d. h. diejenigen Theile der menschlichen Umgebung, welche mit vom Kranken ausgeschiedenen infektionstüchtigen Parasiten behaftet sind. Es wird festzustellen sein, welche Infektionsquellen bei den einzelnen Krankheiten vorzugsweise in Betracht kommen,

wie lange dieselben Gefahr bieten, unter welchen natürlichen Verhältnissen sie ihre Gefährlichkeit einbüssen. Gegen die Infektionsquellen und die in ihnen enthaltenen Parasiten werden wir bei der Bekämpfung der Infektionskrankheiten in erster Linie vorgehen müssen; und zwar können wir dabei entweder die Fernhaltung der Infektionsquellen vom Gesunden, oder ihre mechanische Beseitigung oder die Abtödtung der Parasiten in's Auge fassen.

2) Die Infektionswege, d. h. die Wege, auf welchen der Transport der Parasiten von den Infektionsquellen zum Gesunden vermittelt wird, und die je nach der vorliegenden parasitären Krankheit und je nach den äusseren Verhältnissen grosse Verschiedenheiten aufweisen. Auch diese Wege werden künstlich eingeengt werden und somit in der Bekämpfung der Infektionskrankheiten eine Rolle spielen können.

3) Die Empfänglichkeit bezw. Unempfänglichkeit des Gesunden gegenüber den Parasiten. Durch angeborene oder erworbene Unempfänglichkeit grösserer Menschengruppen kann die natürliche Verbreitung von parasitären Krankheiten erfahrungsgemäss erheblich beeinflusst werden. Ausserdem ist die absichtliche künstliche Aenderung der individuellen Empfänglichkeit ein mächtiges, in neuerer Zeit besonders beachtetes Hülfsmittel im Kampf gegen gewisse Infektionskrankheiten.

4) Oertliche, oft zeitlich wechselnde Einflüsse vermögen anscheinend bei der Ausbreitung einer parasitären Krankheit zuweilen stark hervorzutreten. Es wird sich fragen, worauf diese Mitwirkung der örtlichen Verhältnisse beruht, und eventuell wird versucht werden müssen, auch diese Einflüsse bei der Bekämpfung der parasitären Krankheiten zu berücksichtigen.

I. Die Infektionsquellen.

A. Die Beschaffenheit der Infektionsquellen.

Bei den contagiösen Krankheiten kommen als wichtigste Infektionsquelle die frischen, unverdünnten Absonderungen (eventuell das Blut) des Kranken in Betracht. Die in den Absonderungen ausgeschiedenen Infektionserreger gehen, wenn sie erst auf diese oder jene Theile der Umgebung verschleppt sind, häufig nach kürzerer oder längerer Zeit zu Grunde oder werden geschwächt, sei es durch Austrocknen, Inanition, Belichtung, Concurrenz mit Saprophyten oder andere in unserer natürlichen Umgebung wirksame schädigende Mittel; ferner vermögen Luft oder Wasser eine derartige Verdünnung der Erreger zu bewirken, dass die Infektionschancen minimal werden. Die grösste Gefahr bilden

daher die Exkrete selbst, bei Pocken die Hautschuppen, Auswurf u. s. w. bei Masern Hautschuppen Sputa, Nasensekret; bei Lungentuberkulose die Sputa; bei Abdominaltyphus, Cholera, Ruhr die Darmentleerungen, bei Typhus auch der Harn; bei Diphtherie die Sputa und das Mundsekret; bei den Wundinfektionskrankheiten der Eiter. Bei Syphilis, Gonorrhoe und Hundswuth sind die frischen Absonderungen mit seltenen Ausnahmen sogar die einzige Infektionsquelle.

Die Lebensdauer der Infektionserreger in den Ausscheidungen des Kranken variirt bedeutend je nach der specifischen Resistenz des Parasiten und je nach den äusseren Bedingungen. Sehr kurz pflegt sie zu sein, wenn die Infektionserreger in flüssige Substrate gelangen in welchen Saprophyten stark wuchern; doch kommen Ausnahmen vor (Typhus-, Tuberkelbacillen). Ferner gehen manche Erreger durch Austrocknen rasch zu Grunde; hohe Temperatur begünstigt dies Austrocknen in bedeutendem Grade, Belichtung durch Sonnenlicht beschleunigt das Absterben; Einhüllung in schleimiges Sekret hindert dasselbe dagegen erheblich. Die längste Lebensdauer zeigen die Infektionserreger, wenn sie auf feuchtem Substrat in kalter, feuchter Luft und im Dunkel gehalten werden; es kommt dann weder zu lebhafter Wucherung von Saprophyten noch zu einem völligen Austrocknen. In Kellerräumen, in kaltem, feuchtem Boden u. s. w. können daher Absonderungen von Kranken am längsten virulent bleiben.

Bestimmte Zahlen für die Haltbarkeit der Parasiten in unserer Umgebung lassen sich bei dem maassgebenden Einfluss der jeweiligen äusseren Verhältnissen nicht geben. Bezüglich der akuten Exantheme ist empirisch ermittelt, dass die Erreger von Masern etwa 6 Wochen, von Scharlach 5 Monate, von Pocken 2 Jahre im trockenen Zustande lebensfähig bleiben; Eiter erregende Staphylokokken können unter Umständen ein Jahr und länger lebensfähig bleiben, Milzbrand- und Tetanussporen mehrere Jahre; Streptokokken in schleimiger Hülle mehrere Monate. — Weitere Angaben s. unten im speciellen Theil.

Sehr zu beachten ist, dass auch scheinbar Gesunde oder unmerklich Erkrankte virulente Krankheitserreger beherbergen und ausscheiden können, dann nämlich, wenn Menschen von Parasiten befallen sind, bei welchen die Disposition für die betreffende Erkrankung sehr gering ist (so bei den leichtesten Choleraerkrankungen, ferner bei der Diphtherie des Erwachsenen; s. unten).

Zweitens kommen in Betracht die mit den Absonderungen verunreinigten Wäschestücke; das Verbandzeug; die Betten, Kleider u. s. w. Diese repräsentiren bei den akuten Exanthemen, Diphtherie, Tuberkulose, Erysipel, Pyämie, Abdominaltyphus, Cholera u. a. m. Infektionsquellen von grosser Gefahr; flüssige Absonderungen werden

von diesen Stoffen aufgesogen und auf grössere Flächen verbreitet; die Krankheitserreger sind dann der Ueberwucherung durch Saprophyten weniger ausgesetzt; andererseits trocknen fest zusammengelegte Bündel von Wäsche und Kleider im Innern sehr schwer so vollständig aus, dass die Parasiten absterben.

Drittens: Ess- und Trinkgeschirre sind besonders häufig inficirt bei Diphtherie; zuweilen bei Cholera, Tuberkulose, den akuten Exanthemen.

Viertens: Sonstige Utensilien, die der Kranke gebraucht, Spielzeug, Bücher u. s. w.; Bettstellen, Möbel, Fussboden und andere dem Bett nahe Theile der Wohnung müssen bei den akuten Exanthemen als fast regelmässig, bei den übrigen Infektionskrankheiten als mehr oder weniger häufig inficirt angesehen werden.

Fünftens: Die Wohnungsluft kann in Staubform die Erreger der Exantheme und der Tuberkulose, ferner Eiterkokken event. Typhusbacillen, dagegen niemals Cholerabacillen enthalten. Durch beim Husten verspritzte Tröpfchen können ausser den ebengenannten Erregern auch Pneumokokken, Influenzabacillen, Pestbacillen, Diphtheriebacillen u. s. w. in die Luft übergehen.

Die Luft im Freien bietet (abgesehen von engen Höfen, Strassenwinkeln, ferner von zufällig aufgewirbeltem Hauskehricht u. s. w.) eine zu grosse Verdünnung und ist zu starkem Wechsel unterworfen, um als dauernde Infektionsquelle zu fungiren.

Sechstens: Die Abwässer, der Tonnen-, Gruben- resp. Canalinhalt. Hier ist bereits eine gewisse Verdünnung eingetreten; ferner ist die Infektionsgefahr dadurch abgeschwächt, dass die Abwässer der Berührung mit Menschen meist entzogen werden. Noch mehr sinken die Infektionschancen, wenn eine weitere Mischung der infektiösen Abgänge mit zahlreichen andern, nicht infektiösen Wassermassen stattgefunden hat, wie z. B. in den Schwemmkanälen. Dagegen ensteht durch Einlassen der Abfallstoffe in einen Wasserlauf, der von zahlreichen Menschen zum Trinken, Baden u. s. w. benutzt wird, erhebliche Infektionsgefahr. Ferner ist der oberflächliche Boden zu einer Conservirung von Infektionsquellen in concentrirtem Zustande befähigt (Typhus, Cholera, s. unten). Sputa, Dejektionen u. s. w. entgehen hier oft längere Zeit der Verdünnung und es können die in ihnen enthaltenen Infektionserreger von der Bodenoberfläche aus auf verschiedensten Wegen wieder zum Menschen gelangen und Infektionen auslösen.

Siebentens: Schliesslich kommt der Genesene resp. der Verstorbene in Betracht. Die von der Leiche ausgehende Gefahr wird gewöhnlich viel zu hoch angeschlagen und ist thatsächlich sehr gering, da die Ausstreuung von Infektionskeimen zum wesentlichsten Theile

durch die vom lebenden Kranken gelieferten Exkrete und durch seine Bewegungen und Hantirungen erfolgt. Die Infektionsgefahr seitens der Reconvalescenten ist dagegen um so beachtenswerther, weil sich auf der Haut und den Schleimhäuten nicht selten noch nach der Genesung und wenn bereits ungehemmter Verkehr mit Gesunden besteht, Infektionskeime vorfinden.

Bei den ektogenen Infektionskrankheiten sind die Erreger entweder nur in bestimmten Zwischenwirthen enthalten (Anopheles bei Malaria); oder sie sind weit verbreitet in gedüngter Ackererde, städtischem Wohnboden, und dem daher stammenden Staub (Tetanus und malignes Oedem); oder sie leben als Epiphyten dauernd oder zeitweise auf der Haut resp. auf gewissen Schleimhäuten gesunder Menschen (Staphylokokken der Haut; Streptokokken und Pneumokokken im Mundsekret; manche darmbewohnende Bakterien). Für die Erreger der sog. Cholera infantum bildet vorzugsweise die Kuhmilch eine geeignete Wucherungsstätte.

B. Fernhaltung, Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen.

1. Fernhaltung der Infektionsquellen

lässt sich bei den nicht einheimischen Seuchen (Pest, Cholera u. a.) durch Grenzsperren und Einfuhrverbote erreichen.

Früher versuchte man gegenüber einigen Infektionskrankheiten, namentlich Pest, Cholera und Gelbfieber, ganze Länder durch Grenzkordons derart abzusperren, dass jeder Verkehr von Menschen und Sachen abgeschnitten wurde. Eine vollständige Absperrung wurde selbst bei der strengsten Durchführung nicht erreicht, und eine Ausbreitung der Krankheit trotz der Sperre ist mehrfach beobachtet. Immerhin wurden zahlreiche Infektionsquellen zurückgehalten, die eingeschleppten Infektionsfälle waren seltener und es konnte der Entstehung grösserer Herde leichter vorgebeugt werden. Aber diese Vortheile wogen das grosse Aufgebot von Schutzmannschaft, die Nothwendigkeit, behufs Aufrechterhaltung der Sperre zu den strengsten Mitteln (Erschiessen) zu greifen, und vor Allem die enorme Schädigung von Handel und Verkehr, nicht auf; und dementsprechend sind zur Zeit nur noch ausnahmsweise Landsperren in Gebrauch.

In den letzten Jahren suchte man sich durch Revision der Reisenden, namentlich an der Landesgrenze, zu schützen. Bei diesen von Aerzten vorgenommenen Revisionen wurden etwaige Kranke isolirt, deren Gepäck sowie die benutzten Wagen desinficirt. Die aus verseuchten Orten kommenden Gesunden wurden veranlasst, an ihrem

Reiseziel sich während einiger Tage einer ärztlichen Untersuchung zu stellen. Auch diese Revisionen sind — von besonderen Ausnahmefällen abgesehen — für den Durchgangs- und namentlich Eisenbahnverkehr zweckmässig fallen zu lassen oder nur auf die Beobachtung schwer Kranker durch das Zugpersonal zu beschränken, weil der Nutzen dem Kostenaufwand und der Belästigung nicht entspricht. Die Einschleppung von Seuchen erfolgt relativ selten durch den Eisenbahnverkehr. Viel gefährlicher ist der kleine Grenzverkehr durch Arbeiter, Händler u. s. w., die täglich hin und her die Grenze passiren. Auf diese Passanten und die von ihnen benutzten Grenzübergänge ist daher hauptsächlich die Revision anzuwenden. Ferner erheischen die Schiffer und Flösser eine besondere Ueberwachung.

Leichter und vollständiger gelingt die Absperrung von Seehäfen gegen die aus durchseuchten Ländern kommenden Schiffe. Man pflegt in der Nähe der Häfen auf abgelegenen Stellen, womöglich auf einer kleinen Insel, eine Quarantänestation einzurichten, die mit Lazareth u. s. w. versehen ist. Alle aus verdächtigen Häfen kommenden Schiffe werden dort vor dem Anlanden einer gesundheitspolizeilichen Controle unterzogen. Ist keine Erkrankung vorgekommen und sind keine verdächtigen Waaren (die zur Conservirung der Infektionserreger geeignet sind) an Bord, so wird das Schiff freigegeben, vorausgesetzt, dass die Fahrt eine bestimmte Zeit — der Inkubationsfrist für die betreffende Krankheit entsprechend — gedauert hat. War die Fahrtdauer kürzer, so verbleibt das Schiff bis zum Ablauf der Frist in Quarantäne.

Sind dagegen unterwegs Erkrankungen vorgekommen, dann ist für alle Passagiere eine Quarantäne von der Dauer der Inkubationsfrist einzuhalten. Erfolgten die Erkrankungen zu Anfang einer längeren Fahrt und setzten sich auf dem Schiffe nicht fort, so können die gesunden Passagiere gelandet und nach Angabe ihres Reiseziels entlassen werden.

Auch die Ein- und Durchfuhr solcher von einem Seuchenherd stammender Waaren und Gebrauchsgegenstände, welche geeignet sind Infektionserreger zu conserviren und zu verschleppen, kann verboten werden. Nahrungsmittel, getragene Wäsche und Kleider, ferner Lumpen unterliegen vorzugsweise diesen Beschränkungen.

Um rechtzeitig die vorgenannten Sperrmaassregeln durchführen zu können, ist durch internationale Vereinbarungen zu bestimmen resp. bereits bestimmt (für Cholera durch die Dresdener Conferenz von 1893), dass die ersten Fälle einer nicht einheimischen Infektionskrankheit bekannt gemacht, und dass bei einer gewissen Häufung der Fälle die betreffenden Orte als Seuchenherde erklärt werden.

Hat trotz aller Sperrmaassregeln eine Einschleppung der Krankheit stattgefunden, oder tritt der erste Fall einer Infektionskrankheit auf, welche stets in Europa einheimisch ist und daher keiner Sperre unterliegt, so ist nach den gesetzlichen Bestimmungen zu verfahren, die in jedem Lande zur Abwehr gegen gemeingefährliche Krankheiten erlassen sind. Die in den einzelnen deutschen Staaten geltenden Bestimmungen sind zum Theil sehr veraltet und von einander abweichend; ihr Ersatz durch ein einheitliches Reichs-Seuchengesetz ist dringend wünschenswerth.

Vor Allem ist durch derartige Gesetze dafür zu sorgen, dass die Behörden von der vorgekommenen Erkrankung schleunigst Kenntniss erhalten. Es besteht daher Anzeigepflicht für Cholera, Fleckfieber, Pest, Pocken, Diphtherie, Darmtyphus, Rückfallfieber, Ruhr, Puerperalfieber, Scharlach und Masern; und zwar ist zur Anzeige verpflichtet der behandelnde Arzt resp. der Pfleger, der Haushaltungsvorstand und eventuell andere Haushaltungsgenossen oder der Hausbesitzer. Nach eingegangener Meldung ist die Polizeibehörde befugt, an Ort und Stelle Ermittelungen über Stand und Ursache der Krankheit vorzunehmen; dem beamteten Arzt ist, soweit es zum Zweck dieser Ermittelungen nöthig ist, der Zutritt zum Kranken resp. zur Leiche, eventuell auch die Entnahme von Leichentheilen zur Untersuchung zu gestatten.

Sodann sind die Erkrankten, und ebenso ansteckungsverdächtige Personen aus deren Umgebung, abzusondern. Ferner sind eine Reihe von weiteren Maassregeln je nach dem Ansteckungsgrade der Krankheit und nach der Ausdehnung des Herdes zu treffen. So sind Messen, Märkte u. dgl. zu verbieten; Schulkinder aus inficirten Häusern vom Schulbesuch auszuschliessen; verdächtige Wasserversorgungen sind zu sperren; die Desinfektion ist zu organisiren; die Schiffer und Flösser sind bei einigen Seuchen (Cholera, Typhus) besonderer Aufsicht zu unterwerfen.

Die wichtigste unter diesen Maassnahmen ist die rechtzeitige Isolirung des Kranken. Wenn irgend möglich, soll die Ueberführung in ein Isolirspital versucht werden, da eine ausreichende Absperrung im Hause des Erkrankten nur selten durchführbar ist. Der Transport des Kranken darf nicht mittelst öffentlichen Fuhrwerks, sondern nur mittelst besonderen Krankenwagens erfolgen. — Jedoch muss man sich Angesichts der vielfach herrschenden Abneigung gegen die Hospitalbehandlung sehr häufig mit der Isolirung im Hause begnügen. Der Kranke muss dann ein eigenes Krankenzimmer erhalten. Aus demselben sind vor dem Hineinschaffen des Kranken alle überflüssigen Möbel und Gebrauchsgegenstände zu ent-

fernen; nachdem es belegt ist, dürfen während der ganzen Dauer der Krankheit keinerlei Sachen ohne vorherige gründliche Desinfektion (s. unten) aus dem Zimmer entnommen werden. Der Krankenwärter ist mit dem Kranken abzusperren und darf das Krankenzimmer niemals ohne vorausgegangene Desinfektion verlassen. Anderen Personen ist der Zutritt zum Krankenzimmer streng zu untersagen; eventuell haben sich dieselben vor dem Verlassen des Zimmers einer Desinfektion zu unterziehen. Findet durch Husten u. s. w. ein Beladen der Luft mit infektiösen Tröpfchen statt, so sind ventilirende Luftströme zu vermeiden, welche die Luft in andere Zimmer führen können. Bei Pestpneumonie kann durch Gazeumhüllung des Betts einer stärkeren Infektion der Zimmerluft vorgebeugt werden. — Alle Exkrete des Kranken sind gesondert in Gefässen oder Tüchern aufzufangen und in diesen sofort zu desinficiren (s. unten).

Bei manchen übertragbaren Krankheiten ist eine vollständige Isolirung nicht erforderlich; man kann sich darauf beschränken, die gefährlichsten Infektionsquellen nach Möglichkeit auszuschalten. So z. B. ist der Phthisiker meist nur anzuhalten, beim Husten gewisse Vorsichtsmaassregeln zu beobachten und das Sputum in bestimmte Gefässe zu entleeren (s. im speciellen Theil).

Schulpflichtige Kinder sind, sobald der Verdacht auf Ausbruch einer contagiösen Krankheit vorliegt, von der Schule zurückzuhalten. Ist die Krankheit manifest geworden, so dürfen auch die Geschwister nicht zur Schule geschickt werden, es sei denn, dass für eine völlige Absperrung des Erkrankten Sorge getragen ist (wozu thatsächlich höchst selten die Möglichkeit vorliegt). — Die Isolirung soll andauern, bis die Krankheit mit Genesung oder Tod geendet hat und eine regelrechte Desinfektion aller in Betracht kommenden Objecte erfolgt ist. Lässt sich eine zuverlässige Schluss-Desinfektion nicht durchführen, so wird im Allgemeinen die Dauer der Isolirung auf 4—6 Wochen zu bemessen sein.

2. Mechanische Beseitigung der Infektionsquellen.

Bis zu einem gewissen Grade gelingt die Beseitigung der Infektionsquellen durch die gewöhnlichen Reinigungsmethoden. Trockenes Abkehren hilft nichts, sondern erhöht nur die Gefahr durch die Verbreitung verdächtigen Staubes. Festes Abwischen entfernt nur von glatten Flächen (polirten Möbeln) staubtrockene Krankheitserreger. Sehr wenig wirksam ist ferner die Lüftung (vgl. S. 418), selbst wenn sie durch mechanisches Reiben, Klopfen u. s. w. unterstützt wird. — Die Reinigung des Körpers, der Wohnung, ver-

schiedener Utensilien mit Wasser, und namentlich mit heissem Wasser und Seife (Schmierseife), leistet dagegen erheblich mehr und kann die Infektionschancen bedeutend herabdrücken. Bei häufiger Anwendung, bei starkem Wasserconsum und sicherer Abführung des gebrauchten Wassers liefert diese Art der Reinigung eines der besten Schutzmittel gegen die Ausbreitung von Epidemieen, und die Gewöhnung einer Bevölkerung an Reinlichkeit, sowie die Gewährung reichlichen Wassers und bequemster Vorrichtungen zur Entnahme und zum Fortschaffen des Reinigungswassers kann für die Frequenz mancher infektiöser Krankheiten von ausschlaggebender Bedeutung sein. Auch durch Abreiben der mit Anstrich oder Tapeten versehenen Wandflächen der Zimmer mit frischem Brot kann eine ziemlich vollkommene mechanische Entfernung aller an der Fläche haftenden Krankheitserreger bewirkt werden; nur ist es schwer, grössere Wandflächen gleichmässig in zuverlässiger Weise zu behandeln. — Sehr zu beachten ist bei allen diesen Proceduren, dass das zur Reinigung benutzte Wasser, der Kehricht, das verriebene Brot u. s. w. nicht zu Infektionsquellen werden; sie müssen desinficirt oder verbrannt werden, falls sie wieder mit Menschen in Berührung kommen können.

Selbst wenn aber aller grob sichtbare Schmutz durch Wasser und Seife entfernt und die Wände durch Abreiben mit Brot gereinigt werden, bleiben immer noch am Kranken, an der Wäsche und Kleidung, in vielen Theilen der Wohnung Infektionserreger zurück. Ein voller Schutz gegen Infektion wird daher erst durch gleichzeitige Anwendung eines Verfahrens erreicht, welches die Infektionserreger in allen diesen Theilen der Umgebung abzutödten vermag, d. h. durch die Desinfektion.

3. Vernichtung der Krankheitserreger, Desinfektion.

Zur Desinfektion eignen sich die verschiedenen Seite 49 aufgezählten Mittel.

Die Wirksamkeit derselben ist theils durch Laboratoriumsexperimente festgestellt. Vielfach sind aber auch mehr die natürlichen Verhältnisse nachgeahmt; Utensilien, Kleider, Theile einer Wohnung wurden zunächst mit Infektionserregern imprägnirt, dann das zu untersuchende desinficirende Mittel angewendet, und nachher geprüft, ob die vorher infectiösen Objecte noch Thiere zu inficiren vermögen resp. ob sie in guten Nährsubstraten Culturen der Erreger entstehen lassen. — Eine willkommene Ergänzung dieser Versuche liefern ferner die Erfahrungen über praktische, in Spitälern ausgeführte Desinfektionen, namentlich wenn letztere methodisch und nach Art eines Experiments angestellt wurden. So sind z. B. im Alexander-Hospital zu St. Petersburg die verschiedenen Baracken, welche Flecktyphus-, Typhus-, Pneumonie-Kranke u. s. w. beherbergt hatten, in einer bestimmten Weise desinficirt und dann mit anderen Kranken resp. Reconvalescenten von anderen Krankheiten belegt. Traten dann Fälle

der zuerst in der Baracke behandelten Krankheit unter der neuen Belegschaft auf, so musste die Desinfektion als nicht genügend betrachtet werden.

Aus diesen Experimenten hat sich ergeben, dass jedes Desinfektionsmittel (wie bereits S. 48 hervorgehoben wurde) nur in bestimmter Concentration und bei bestimmter Dauer der Anwendung wirksam ist; dass ferner die Wirkung auf verschiedene Bakterien und verschiedene Entwickelungszustände der Bakterien sich sehr ungleich verhält; dass die zu desinficirenden Objecte von dem Mittel vollständig durchdrungen werden müssen; und dass dabei keine chemischen Umsetzungen eintreten dürfen, welche die desinficirende Wirkung schwächen.

Für die Praxis der Desinfektion ist es ausserdem noch wichtig, dass die betreffenden Mittel die Objecte nicht beschädigen, dass das desinficirende Mittel für die mit der Ausführung der Desinfektion Beauftragten keine Gefahr bringt, und dass endlich die Desinfektion nicht zu kostspielig ist.

Nicht alle die S. 49 aufgeführten, zu einer Vernichtung von Bakterien befähigten Mittel erfüllen die hier präcisirten Anforderungen und eignen sich somit für die praktische Desinfektion. Ganz abzusehen ist von den früher gebräuchlichen gasförmigen Desinfektionsmitteln, wie schweflige Säure, Chlor-, Brom- und Sublimatdampf. Die schweflige Säure sollte in einer Concentration von 1·4 Volumprocent mindestens 8 Stunden einwirken, und es sollte zu dem Zwecke pro 1 cbm Raum 20 g Schwefel verbrannt werden. Es werden hierdurch aber nur die in den oberflächlichsten Schichten gelegenen Krankheitserreger abgetödtet und auch diese nur bei gleichzeitiger Anfeuchtung der Objecte; dann aber werden letztere stark beschädigt. Chlor- und Bromgas eignen sich noch weniger, weil sie sich viel schwerer in allen Theilen des Raumes vertheilen und weil sie die Objecte noch stärker beschädigen. — Sublimatdämpfe, durch Erhitzen von Sublimat hergestellt, verdichten sich, sobald sie sich abkühlen und ehe sie mit den Objecten in Berührung kommen, zu fester Substanz und dringen dann gar nicht ein. — Manche Verfahren (Sprengen mit Carbolwasser, Eukalyptol, Aufhängen von Carbolpapier, Ozonlämpchen u. s. w.) charakterisiren sich schon dadurch, dass dabei gar kein Versuch zur quantitativen Anwendung gemacht wird, als verwerfliche Schwindelmittel. Am besten bewährt haben sich zur praktischen Desinfektion folgende Mittel:

1) Verbrennen, jedoch nur für kleinere werthlose Gegenstände. Grössere Objecte, insbesondere das Stroh der Bettsäcke, können niemals in dem Hause des Erkrankten mit solcher Vorsicht verbrannt werden, dass keine Ausstreuung von Infektionserregern dabei erfolgt.

2) Kochen in Wasser. Alle in Betracht kommenden Krankheitserreger werden schon durch 5 Minuten langes Kochen vernichtet. Bei schmutzigen und fettigen Substanzen, ferner bei schleimigen Absonderungen ist Sodazusatz zum Wasser (2 Procent) zu empfehlen. — Anwendbar für Ess- und Trinkgeschirr u. s. w. Nicht für beschmutzte Wäsche, in welcher durch das Kochen festhaftende Flecken entstehen.

3) Erhitzen in Wasserdampf auf 100° 5 Minuten; oder in gespanntem Dampf auf 110—120° 2 Minuten lang. Ist nur in besonderen Desinfektionsöfen ausführbar; deren Beschreibung s. unten. — Anwendbar für Betten, Kleider, nicht beschmutzte Wäsche; nicht für Leder, Pelze, Gummi.

4) Sublimat (1:2000). Am leichtesten zu bereiten durch Auflösung der Angerer'schen Pastillen. Da Sublimat mit Eiweisskörpern unlösliche Verbindungen eingeht, ist dasselbe für frische Absonderungen nur verwendbar, wenn reichlich Kochsalz (1 Sublimat: 5 Kochsalz; für jeden Liter der Lösung 1:2000 einen gehäuften Theelöffel voll Kochsalz) zugegen ist; es wird dadurch die Ausfällung des Sublimats verhindert. Für phthisisches Sputum sind stärkere Concentrationen (5 p. m.) zu verwenden. — Die Giftigkeit der Lösungen 1:2000 ist eine sehr geringe. Die Maximaldosis (für innerlichen Gebrauch) ist erst in 30 resp. 60 ccm enthalten. Für die Desinfektion durch geschulte Desinfekteure ist Sublimatlösung daher ohne jedes Bedenken. Dagegen dürfen concentrirte Lösungen oder Pastillen dem Publikum nicht in die Hände gegeben werden, weil die Geruch- und Farblosigkeit der Lösung zufällige Vergiftungen möglich macht.

5) Carbolsäure (3 und 5 Procent) tödtet zwar Milzbrandsporen nicht, aber z. B. Eiterkokken schneller als die vorgenannte Sublimatlösung. — Wirksamer und für die vom Publikum vorgenommenen Desinfektionen am meisten zu empfehlen ist 5 procentige Lösung von Liquor Cresoli saponatus, die auch durch Verdünnen der officinellen Aq. Cresoli ana mit Wasser hergestellt werden kann. — Die gebräuchlichen Carbol- und Cresollösungen sind zwar giftiger als das Sublimat in gleich wirksamer Concentration, da bereits in 0·5 ccm einer 5 procentigen Carbollösung die Maximaldosis enthalten ist, aber der starke Geruch der Lösung hindert unabsichtliche Vergiftungen. — Sublimat- und Cresollösung sind anwendbar für Abwaschen des Fussbodens und anderer Flächen, verschiedenster Utensilien, Ledersachen u. s. w.

6) Aetzkalk zur Desinfektion der Excremente, Düngerhaufen u. s. w. Für denselben Zweck kann auch Chlorkalk (in Breiform, 1:5 Wasser, den Dejektionen zu gleichen Theilen zugesetzt, halbstündige Einwirkung; bei geklärten Abwässern viel dünner, s. S. 480), oder rohe Salzsäure

oder Schwefelsäure Verwendung finden (das Gemisch muss mindestens 2 : 1000 freie Säure enthalten).

Der Aetzkalk wird folgendermaassen bereitet: Etwa 100 Volumtheile gebrannter Kalk werden mit 60 Th. Wasser gelöscht (CaO in $Ca[OH]_2$ verwandelt), indem man die Kalkstücke in eine Schale legt, deren Boden mit dem Wasser bedeckt ist. Die Kalkstücke saugen das Wasser auf und zerfallen unter starker Wärmeentwicklung zu Pulver von Kalkhydrat. Von diesem Pulver wird 1 Liter mit 4 Liter Wasser gemischt; man erhält so eine 20procentige Kalkmilch. Oder fertiger gelöschter Kalk wird mit der entsprechenden Menge Wasser gemischt. — Um Latrineninhalt ausreichend zu desinficiren, müssen jedem Liter Inhalt 50 ccm Kalkmilch zugesetzt werden; die im Einzelfalle erforderliche Menge ergiebt sich sonach durch Ausmessen der Latrine. Ist das Ausmessen unthunlich, so rechnet man pro Kopf und Tag 0·4 Liter Fäkalien und erhält dann aus der Dauer der Benutzung eine Schätzung der vorhandenen Menge. Für Durchmischung des Inhalts mit der Kalkmilch ist nach Möglichkeit zu sorgen.

7) Formaldehyd (CH_2O, Oxydationsprodukt des Methylalkohols) in Gasform. Das Bestreben, die an den verschiedensten Objecten eines Wohnraumes haftenden Parasiten gleichzeitig durch ein gasförmiges Desinficiens abzutödten, stiess früher auf unüberwindliche Schwierigkeiten, falls die Objecte unbeschädigt bleiben sollten. Erst mit Hülfe des Formaldehyds ist eine durchaus schonende und doch ausreichende Desinfektion der Wohnräume gelungen. Die praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger werden abgetödtet, wenn 2·5 g Formaldehyd pro Cubikmeter Wohnraum 7 Stunden lang, oder 5 g Formaldehyd pro Cubikmeter $3^1/_2$ Stunden einwirken. Indessen müssen zum Gelingen der Desinfektion noch folgende wichtige Bedingungen erfüllt sein:

Der Wohnraum muss abgedichtet werden, damit die erforderliche Concentration des Gases erreicht wird. Nur bei rascher Entwicklung stark überschüssiger Gasmengen kann die Abdichtung unterbleiben. — Ferner muss gleichzeitig (oder vorher) die Luft mit Wasserdampf übersättigt werden; es erfolgt dann an allen zugänglichen Flächen Condensation von Wasserdampf und Formaldehyd und dadurch eine oberflächliche Durchfeuchtung mit wirksamer Formaldehydlösung. An warmen Gegenständen (Oefen, Schornsteine) erfolgt keine Condensation; dieselben müssen gesondert desinficirt werden. — Da nur eine Oberflächen-Desinfektion stattfindet und die Wirkung in porösen Stoffen sich nur bis in sehr geringe Tiefe erstreckt, sind zunächst alle Objecte von der Formaldehyddesinfektion auszuschliessen, in welche Exkrete und Parasiten in grössere Tiefe eingedrungen sind, ebenso Exkrete selbst in dickerer Schicht. Frische Sputa, grob verunreinigte Stellen des Fussbodens, Taschentücher und sonstige mit Exkreten stärker beschmutzte

Wäsche sind daher durch Sublimat- oder Cresollösung gesondert zu desinficiren; Betten und Matratzen, die erheblich und nicht nur oberflächlich verunreinigt sind, müssen in den Desinfektionsofen transportirt werden. Ausserdem müssen alle sonstigen für die Formaldehyddesinfektion geeigneten Objecte so in dem Wohnraum aufgestellt bezw. aufgehängt werden, dass ihre gesammten Oberflächen der Luft frei ausgesetzt sind. Die Gegenstände dürfen sich dabei nicht berühren oder einander zu nahe gerückt werden. — Bei sehr kleinen Zimmern und starker Füllung mit Gegenständen ist ein Zuschlag von Formaldehyd empfehlenswerth, da nicht eigentlich der Cubikraum, sondern die Masse der absorbirenden Flächen den Verbrauch beeinflusst.

Eine Beschädigung der Objecte tritt durch diese Art von Desinfektion nicht ein. Wohl aber hält sich der stechende, die Schleimhäute stark reizende Geruch des Formaldehyds sehr lange im Zimmer und haftet nachhaltig an Betten, Kleidern u. s. w. trotz energischen Lüftens. Praktisch verwendbar ist die Formaldehyddesinfektion daher erst geworden, seit man ein einfaches Verfahren kennt, um den Geruch zu beseitigen. Dasselbe besteht darin, dass zu Ende der Desinfektion noch bei geschlossenem Zimmer durch das Schlüsselloch Ammoniakgas eingeleitet wird. Dieses bildet mit dem Formaldehyd die feste Verbindung Hexamethylentetramin. Die Menge des Ammoniaks, das am einfachsten durch Verdampfen von käuflicher 25 procentiger Ammoniaklösung hergestellt wird, muss der Menge des entwickelten Formaldehyds angepasst werden.

Die Bereitung des Formaldehyds kann in sehr verschiedener Weise geschehen; wenn nur die oben aufgeführten Bedingungen richtig eingehalten werden, ist die Wahl des Apparats zur Formaldehydentwicklung nebensächlich und ist wesentlich nur nach den Kosten, der Einfachheit und praktischen Brauchbarkeit des Verfahrens zu entscheiden.

Früher versuchte man Lampen zu verwenden, in welchen Methylalkohol zu Formaldehyd oxydirt wurde. — Trillat, Rosenberg und Schlossmann gingen vom Formalin, der 40 procentigen wässrigen Lösung des Formaldehyds aus und suchten durch Verdampfen oder Versprayen daraus Formaldehyd in Gasform frei zu machen. Um aber eine Abscheidung von unwirksamen Polymerisirungsprodukten zu verhindern, wie sie aus dem Formaldehyd leicht entstehen, benutzte Trillat Formochlorol (eine Mischung von Formalin mit Chlorcalciumlösung), Rosenberg Holzin (Formalin mit Zusatz von Menthol), Schlossmann Glycoformal (Formalin mit 10% Glycerin). Es hat sich später gezeigt, dass diese Zusätze unnöthig und theuer sind und theilweise die Objecte stark beschädigen. — Schering empfahl die Vergasung von Pastillen von Paraform, ein bequemes, aber theueres Verfahren.

Krell-Elb construirte Glühblocks, in denen Paraform vergast wird; das Verfahren ist theuer und die Vertheilung des Formaldehyds ungleich. — Eine Art von Improvisation soll ermöglicht werden durch die Stahlbolzen von Krell bezw. die eisernen Kugelketten von Springfeld. Dieselben sollen in einer Feuerung rothglühend gemacht und dann in Behälter mit Formalin eingelegt werden, so dass grosse Mengen Formaldehyd rasch verdampfen. Die erforderlichen Manipulationen sind schwierig, zuweilen tritt Entzündung des Formaldehyds ein, immer muss mit grossen Ueberschüssen von Formaldehyd gearbeitet werden. Für wiederholte Anwendung ist das Verfahren unbedingt zu verwerfen, es wird dann auch theuerer als ein Verfahren mit besonderem Apparat. Für ausnahmsweise Improvisation sind erhitzte Chamottesteine besser als die eisernen Ketten (Steinitz).

Czaplewski und Prausnitz haben Sprayapparate zum Versprayen von Formalin angegeben, die in der Praxis gute Resultate geliefert zu haben scheinen. — Wohl am meisten in der Praxis erprobt und bewährt hat sich die Verdampfung von verdünntem Formalin (Breslauer Methode). Da

Fig. 166.
Breslauer Apparat zur Formaldehyd-Entwicklung.

Fig. 167.
Ammoniak-Einleitung.

ausser der Formaldehydentwicklung auch eine Entwicklung reichlicher Wasserdampfmengen durchaus erforderlich ist, ist es das Zweckmässigste, das zur Verdampfung jeweils erforderliche Formalin- und Wasserquantum zusammenzugiessen und dies Gemisch in einem einfachen Behälter mit grosser Heizfläche zu verdampfen. Durch diese Verdünnung des Formalins wird dann gleichzeitig jeder Polymerisirung des Formaldehyds vorgebeugt. — Als Verdampfungsapparat kann der in Fig. 166 abgebildete Kupferkessel und die dazu gehörige Spirituslampe benutzt werden. — Nach beendeter Desinfektion ist Ammoniak aus einem kleineren Kessel von der Form wie in Fig. 167 zu entwickeln; das durchs Schlüsselloch geleitete Rohr führt in eine Auffangrinne, um Beschädigungen des Fussbodens vorzubeugen.[1] Die für jede Raumgrösse erforderlichen Mengen von Formalin, Wasser, Spiritus und Ammoniak sind aus umstehenden Tabellen zu entnehmen:

[1] Die Apparate und Utensilien sind zu beziehen von G. Haertel, Breslau, Albrechtstrasse; Berger, Breslau, Kätzelohe; Boje, Göttingen. Ausserdem können dieselben nach den genauen Angaben in Flügge: Die Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd, Jena 1900, S. 12 von jedem Klempner hergestellt werden.

Tabelle 1.

Der „Breslauer Apparat“ ist zu beschicken mit:

bei 2·5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum				bei 5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum			
Raumgrösse in cbm	Formalin 40 %	Wasser	Spiritus 86 %	Raumgrösse in cbm	Formalin 40 %	Wasser	Spiritus 86 %
10	200	800	100	10	400	600	100
20	250	1000	250	20	500	750	250
30	300	1200	300	30	600	900	300
40	400	1600	400	40	800	1200	400
50	450	1800	500	50	900	1350	500
60	500	2000	600	60	1000	1500	600
70	550	2200	650	70	1100	1650	650
80	650	2600	750	80	1300	1950	750
90	700	2800	850	90	1400	2100	900
100	750	3000	950	100	1500	2250	950
110	800	3200	1050	110	1600	2400	1050
120	900	3600	1150	120	1800	2700	1150
130	950	3800	1200	130	1900	2850	1200
140	1000	4000	1300	140	2000	3000	1300
150	1050	4200	1400	150	2100	3150	1400

Anmerkung: Bei Zimmern von mehr als 150 cbm Inhalt sind unbedingt zwei Apparate zu verwenden. Auch bei Räumen zwischen 100 und 150 cbm empfiehlt es sich, zwei Apparate zu benutzen und jeden mit der halben erforderlichen Menge Formalin, Wasser und Spiritus zu beschicken.

Tabelle 2.

Der „Ammoniakentwickler“ ist zu beschicken mit:

bei 2·5 g Formaldehyd pro 1 cbm			bei 5 g Formaldehyd pro 1 cbm		
Raumgrösse in cbm	Ammoniak 25 %	Spiritus 86 %	Raumgrösse in cbm	Ammoniak 25 %	Spiritus 86 %
10	100	10	10	150	15
20	200	20	20	300	30
30	250	25	30	400	40
40	350	35	40	550	50
50	400	45	50	600	60
60	500	50	60	750	75
70	600	55	70	900	90
80	650	65	80	1000	100
90	750	75	90	1150	120
100	800	80	100	1200	130
110	900	90	110	1350	140
120	1000	100	120	1500	150
130	1050	105	130	1600	160
140	1150	110	140	1750	170
150	1200	120	150	1800	180

Die Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd repräsentirt einen bedeutenden Fortschritt gegenüber dem früher üblichen Verfahren. Dieses bestand darin, dass die Desinfekteure der Reihe nach die verschiedenen Theile der Wohnung einzeln behandeln mussten; den Fussboden und viele Gegenstände durch Abwaschen mit Sublimatlösung, die Wände durch Abreiben mit Brot, glatte Möbeln durch trockenes Abreiben; so viel als möglich wurden die Gegenstände, insbesondere Betten, Kleider, Wäsche u. s. w. nach der Desinfektionsanstalt geschaft. Das Gelingen der Desinfektion hing im Einzelfall ganz von der Sorgfall ab, welche der Desinfektor aufwendete; Nachlässigkeiten waren bei der täglich wiederholten einförmigen Arbeit unvermeidlich. Ferner ist das Publikum besonders misstrauisch gegen das Fortschaffen der Gegenstände aus der Wohnung; ein Verfahren, bei welchem alles in der Wohnung verbleibt und dort ohne jede Beschädigung desinficirt wird, findet viel leichter Eingang. — Die Kosten stellen sich ausserdem eher niedriger als bei dem früheren Verfahren der Wohnungsdesinfektion.

Allerdings wird man die Formaldehyddesinfektion nicht bei allen Infektionskrankheiten als genügend ansehen können; bei Pocken, Pest und septischen Erkrankungen ist die Dampfdesinfektion der Betten und Matratzen nicht zu entbehren; dieselbe muss in diesen Fällen neben der Formaldehyddesinfektion erfolgen. Bei Cholera und Ruhr ist von letzterer abzusehen, und nur Bett und Theile des Wohnraums ist in der unten angegebenen Weise (s. „Dienstanweisung") zu desinficiren. Bei Abdominaltyphus findet namentlich in engen Wohnungen eine so erhebliche Verstreuung des Contagiums statt, dass die Formaldehyddesinfektion (event. neben der Dampfdesinfektion) am Platze ist. Bei den übrigen Infektionskrankheiten kann die Wohnungsdesinfektion auf die Anwendung von Formaldehyd beschränkt werden.

Eine wichtige Ergänzung der Desinfektion bildet das Einhüllen der Infektionsquellen, so dass die Verbreitung der Krankheitserreger durch Berührungen, Luftströme und Insecten gehindert ist. Schon das Einhüllen verdächtiger Objecte in trockene oder mit Wasser angefeuchtete Tücher gewährt einen erheblichen Schutz; derselbe wird aber vollständig, wenn die Hüllen mit Sublimatlösung (1:2000) befeuchtet sind. In derartiger Umhüllung können Infektionsquellen ohne Gefahr für die Umgebung transportirt oder bis zur Vornahme der Desinfektion aufbewahrt werden.

Für die praktische Anwendung der im Vorstehenden angeführten Desinfektionsmittel ist vor Allem eine Kolonne von geschulten Desinfekteuren erforderlich, welche die Bereitung der Mittel und die Technik ihrer Anwendung genau kennen. Ferner bedarf es für die Ausführung eines der wichtigsten Desinfektionsverfahren, nämlich des Erhitzens in Wasserdampf von 100°, besonders construirter Oefen, deren Betrieb ebenfalls nur geschulten Desinfekteuren überlassen werden darf. Beide, Desinfekteure und Desinfektionsöfen sollten sich daher überall finden, wo Desinfektionen vorgenommen werden, in Krankenhäusern, Gefängnissen u. s. w. Besonders wichtig ist aber für jede Stadt die Einrichtung einer öffentlichen Desinfektionsanstalt, in welcher das ganze Desinfektionswesen centralisirt ist und von welcher aus alle Desinfektionen im Publikum vorgenommen werden.

In diesen Desinfektionsanstalten sind alle diejenigen Gegenstände zu desinficiren, welche in der Wohnung des Kranken nicht ausreichend oder nicht ohne Beschädigung desinficirt werden können. Dahin gehören stärker verunreinigte Betten, Kleider, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche, Vorhänge, ferner beschmutzte Leib- und Bettwäsche.

Letztere wird zwar auch durch das beim Waschen übliche Verfahren desinficirt, da Wäsche mindestens eine halbe Stunde gekocht zu werden pflegt. Aber vor dem Kochen wird die Wäsche sortirt, in kaltem Wasser eingeweicht und vorgewaschen, damit nicht die Schmutzflecke durch das Erhitzen fixirt werden. Es wird fast niemals garantirt werden können, dass bei diesen Proceduren nicht eine Weiterverbreitung der Krankheitserreger erfolgt. Daher ist es gerathen, auch die inficirte Wäsche durch die Desinfektionskolonne desinficiren zu lassen.

In den Desinfektionsanstalten befinden sich a) Oefen für die Desinfektion mittelst Wasserdampfes von 100—115°; b) Behälter mit Sublimatkochsalzlösung; c) die Utensilien zur Formaldehyddesinfektion; d) die Transportwagen und die Utensilien für die Desinfektionskolonne.

a) Die Desinfektionsöfen enthalten einen Raum, in welchem die zu desinficirenden Objecte eingelagert oder aufgehängt werden und der von Dampf durchströmt wird. Sie sind entweder für ungespannten resp. sehr wenig gespannten Dampf von 100—104° eingerichtet; oder aber für stark gespannten Dampf von mehr als 110°. In jedem Falle muss das Erhitzen in einer reinen Wasserdampf-Atmosphäre geschehen; sobald Luft neben Wasserdampf im Ofen enthalten ist, kommt eine vollständige Desinfektion nicht zu Stande (vgl. S. 51).

Bei den Apparaten für ungespannten Dampf ist daher die Einrichtung getroffen, dass der Dampf während der ganzen Desinfektionsdauer den Apparat durchströmt; ausserdem giebt man dem Dampf gern einen minimalen Ueberdruck (durch Verengerung der Abströmungsöffnung), damit jedes Eindringen von Luft in das Innere des Ofens sicher ausgeschlossen ist.

Das Austreiben der Luft aus dem Innern des Apparats und aus den darin befindlichen Objecten geht ferner am schnellsten von statten, wenn der Dampf oben ein- und unten abströmt; der specifisch leichtere Dampf verdrängt dann schichtweise und vollständig die schwere Luft.

Die Kleider, Betten u. s. w. sind vor dem an den Innenwänden des Apparats reichlich sich bildenden Condenswasser möglichst zu schützen; sie werden von demselben derartig durchnässt, dass leicht Flecke entstehen. Ebenso ist zu vermeiden, dass die Objecte im kalten Zustand mit dem heissen Dampf zusammentreffen, da sonst zu starke Condensation im Innern der Objecte erfolgt. Man trifft daher Vorkehrungen, dass eine allmähliche Erwärmung der in den Apparat gebrachten Sachen erfolgt, ehe der Dampf einströmt. Ist dies geschehen, so bringt der heisse Dampf nur eine ganz minimale Durchfeuchtung der Sachen zu Wege, die sich auf's schnellste beseitigen lässt, wenn die Sachen nach dem Herausnehmen aus dem Ofen hin- und hergeschwenkt oder auf Regalen ausgebreitet werden. Bei grossen Apparaten bestehen besondere Einrichtungen zum Trocknen der Sachen innerhalb des Ofens; es wird dann die Dampfzufuhr abgestellt und durch Ventilationsöffnungen, wo möglich unter gleichzeitiger Erwärmung des Innenraums, ein kräftiger Luftstrom durch den Apparat geleitet.

Die einfachsten Desinfektionsöfen lehnen sich an die für das Sterilisiren der Utensilien in den Laboratorien gebräuchlichen Apparate an und bestehen aus einem grossen Wassergefäss, einem vertikalen Cylinder von 1—1½ m Höhe und 50—80 cm Weite und einem nach oben verjüngten Aufsatz, dem sogenannten Helm. Der Cylinder steht in einem mit Wasser gefüllten Falz des Wassergefässes; der Helm fasst wiederum in einen ebensolchen Falz des Cylinders. Es ist hierdurch eine hinreichende Absperrung des Wassserdampfes erzielt. Der Wasserkessel ist entweder in einen Herd einzusetzen oder wird mit Gas geheizt; der Dampf durchströmt dann den Cylinder und entweicht schliesslich durch die enge Oeffnung des Helms; er zeigt, falls die Wärmeabgabe vom Cylinder durch Umhüllung mit Kieselguhr, Filz u. dgl. behindert ist, noch bei der Ausströmung eine Temperatur von 100°. In den Cylinder werden die Objecte eingehängt oder in Körben eingelagert.

Solche Apparate lassen sich in der primitivsten Weise und sehr billig

improvisiren. Ein Fass ohne Böden auf einen Waschkessel gestellt und mit durchlochtem Deckel versehen, kann schon für einige Zeit ausreichende Dienste thun.

Für ständigen Betrieb haften diesen Apparaten aber mehrere Nachtheile an. Die Durchfeuchtung mit Condenswasser beschädigt die Sachen: letztere sind in den aufrecht stehenden hohen Cylinder schwer hineinzubringen u. s. w.

Diesen Nachtheilen ist in den neuen Apparaten dadurch abgeholfen, dass der Cylinder horizontal gelagert ist und dass eine Vorwärmung des Apparats und der Objecte stattfindet, welche die Bildung von Condenswasser hindert.

Fig. 168. THURSFIELD'scher Desinfektionsofen.
A Mit Holz verkleideter Cylinder. *B* Feuerung. *C* Wassereinguss mit Wasserstandsrohr. *E* Signalpyrometer. *F* Thermometer *G* Thür.

Besonders compendiös und praktisch ist der THURSFIELD'sche Desinfektionsofen. Der horizontal gelagerte Cylinder (*A*, Fig. 168) von 50 ccm bis 1·5 m Durchmesser (je nach der Grösse der zu desinficirenden Objecte) ist aussen in einem Abstand von 3—19 cm von einem Blechmantel umkleidet; der untere Theil des Mantelraums wird mit Wasser gefüllt und dient als Kessel (s. den schematischen Durchschnitt, Fig. 169). Von der oberen Dampf enthaltenden Hälfte führen Oeffnungen den Dampf in das Innere des Cylinders; die Abströmungsöffnung wird unten (*d*) angebracht. Der Cylinder ist vorn und hinten durch Thüren geschlossen, die mit Schrauben dampfdicht angepresst werden. Um den äusseren Mantel ist zum Wärmeschutz noch eine Holz- oder Filzbekleidung gelegt. — In diesem Ofen findet nach dem Anheizen (mit Gas oder Feuerung) und vor dem Einströmen des Dampfes eine solche Durchwärmung des Apparats und der Objecte statt, dass eine kaum merkliche

Condensation erfolgt und kurzes Schwenken der herausgenommenen Kleider und Betten dieselben völlig trocken erscheinen lässt.

Von Budenberg in Dortmund ist ein sehr praktischer Desinfektionsofen construirt, der von einem besonderen Dampfentwickler mit Dampf versehen wird. Der Ofen stellt einen liegenden ovalen Cylinder dar (Fig. 170), dessen Innenseite mit Schuppenblechen ausgekleidet ist und dadurch eine Durchfeuchtung der Objecte hindert. Der Apparat empfiehlt sich besonders da, wo derselbe an einen bereits bestehenden Dampfkessel angeschlossen werden kann.

Grössere Apparate (von Schimmel & Comp. in Chemnitz; Rietschel & Henneberg in Berlin S.; Rohrbeck in Berlin) enthalten einen Innenraum von 2—6 cbm und von quadratischem oder oblongem Querschnitt. Zum Betriebe bedürfen sie eines grossen Dampfkessels. Eine Vorwärmung der Objecte wird bei ihnen dadurch erzielt, dass Heizrohre oder Rippenheizkörper in das Innere des Apparats vorragen; diese werden zuerst mit Dampf angeheizt, und erst wenn die Erwärmung genügend ist, lässt man den Dampf in den inneren eigentlichen Desinfektionsraum einströmen. Nach der Beendigung der Desinfektion wird wiederum nur durch die Heizkörper erwärmt und zugleich lässt man Luft durch den Innenraum strömen; dadurch erfolgt schnelles und vollkommenes Trocknen der Objecte.

Mehrfach hat man versucht, durch stark erhitzte Heizkörper dem strömenden Dampf eine höhere Temperatur zu geben, in der Absicht, damit eine schnellere Desinfektion zu erzielen. Versuche haben jedoch zweifellos ergeben, dass durch ein solches Verfahren die desinficirende Wirkung nicht erhöht wird.

Fig. 169. Durchschnitt durch den Thursfield'schen Desinfektionsofen.
a Wasser. b Dampf. c Desinfektionsraum. d Dampfabführung. e Feuerung. f Thüröffnung. g Manometer. h Thermometer.

Die Apparate mit gespanntem Dampf von 110—120° (z. B. von Geneste & Herrscher) sind nach den Vorbildern der in den Laboratorien gebräuchlichen Autoklaven-Oefen construirt. Besondere Vorsicht muss hier darauf verwendet werden, dass die Luft durch den Dampf vollständig ausgetrieben wird; schliesslich ist Dampf in den geschlossenen Apparat einzulassen, bis die Manometer ca. $^1/_2$—1 Atmosphäre Ueberdruck und eingesetzte Thermometer die entsprechende Temperatur von 110—120° zeigen. Hat die höchste Spannung 5—10 Minuten bestanden, so lässt man den Dampf aus- und wieder Luft einströmen. — Diese Apparate gestatten einen schnelleren Betrieb; aber die Bedienung muss eine peinlich sorgfältige sein; und die Apparate sind daher für allgemeine Einführung nicht zu empfehlen.

Bei der Auswahl eines Ofens ist namentlich in Erwägung zu ziehen, dass in kleineren Städten und Anstalten die zu desinficirenden Objecte gewöhnlich einen sehr geringen Umfang haben. Es erschwert den Betrieb und erhöht die Kosten der Desinfektion in unnöthiger Weise, wenn dafür jedesmal ein grosser Apparat eingeheizt werden muss, während bei stärkerer Häufung der Objecte ein kleiner Apparat leicht mehrere Male an einem Tage beschickt werden kann. Für den selten vorkommenden Fall, dass einmal auch grössere Gegenstände, wie Sprungfederrahmen, durch heissen Dampf desinficirt werden sollen, sollten die gewöhnlichen Desinfektionsapparate nicht zugeschnitten werden; diese Objecte sind zweckmässiger in der Wohnung zu belassen und dort durch Formaldehyd oder eventuell mittelst Abreibens mit Sublimatlösung zu desinficiren (s. unten). Nur bei kleinen Apparaten sind die Anschaffungs- und Betriebskosten so niedrig, dass eine weite Verbreitung der Desinfektions-

Fig. 170. Budenberg's Desinfektionsofen.

einrichtungen sich erhoffen lässt. Für Landgemeinden und kleinere Städte reichen daher Apparate von 1·5 m Länge und 1 m Höhe des Innenraums vollkommen aus; dieselben können grosse Bündel von Betten, eine zusammengerollte Matratze u. dgl. auf einmal aufnehmen. Grössere Städte können einen grossen Apparat nicht entbehren, stellen aber zweckmässig daneben einen oder mehrere kleinere auf, die dann weitaus am häufigsten benutzt zu werden pflegen.

Die Aufstellung des Apparats in der Desinfektionsanstalt erfolgt gewöhnlich so, dass die letztere streng in zwei Abtheilungen geschieden wird, und dass die Trennungswand über die Mitte des mit zwei Thüren versehenen Desinfektionsofens hinwegragt. Durch einen besonderen Eingang gelangen die inficirten Sachen in die eine (unreine) Abtheilung, werden von da in den Apparat eingeschoben, dann aber, um eine Reinfektion in der unreinen Abtheilung zu vermeiden, auf der anderen (reinen) Seite durch anderes Personal (oder nachdem die Desinfekteure auf der unreinen Seite ihre Dienstkleider gelassen und ein Bad passirt haben, das den einzigen Durchgang zur reinen

Seite bildet) aus dem Ofen herausgenommen und auf anderen Wagen dem Publikum wieder zugestellt.

Diese Einrichtung ist dann unbedingt nöthig, wenn dem Publikum die beliebige Einlieferung von desinfektionsbedürftigen Sachen in die Anstalt gestattet ist. Eigentlich sollte aber diese Erlaubniss nie gegeben werden; denn beim Transport der Sachen ist dann eine starke Ausstreuung von Infektionserregern ganz unvermeidlich. — Das einzig Richtige ist vielmehr, dass alle Sachen stets von geschulten Desinfekteuren aus den Wohnungen abgeholt und nach der Anstalt transportirt werden. Diese sind instruirt, die Sachen in mit Sublimatlösung befeuchteten Säcken oder Laken zu befördern (s. unten), so dass weder unterwegs noch in der Anstalt eine Ablösung von Krankheitserregern erfolgen kann. Alsdann ist die Aufrechterhaltung einer Trennung der reinen und unreinen Seite nicht mehr begründet; hält man dennoch daran fest, so geschieht das mehr zur Beruhigung für das Publikum. — Für ländliche Gemeinden sind fahrbare Desinfektionsöfen empfohlen; im Allgemeinen ist aber auch hier das Abholen der Desinfektionsobjecte nach dem an einer Centrale (Kreis-Krankenhaus) aufgestellten Desinfektionsofen einfacher, als der Transport des schweren und leicht beschädigten Ofens. Nur bei lokalen Epidemieen ist der im Nothfall fahrbar herzustellende Apparat nach dem verseuchten Ort zu schaffen.

Jeder Desinfektionsofen ist vor der praktischen Benutzung auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen und es ist eine Instruktion für den Heizer aufzustellen, nach welcher dieser die Desinfektion ausführt. — Für jedes System von Desinfektionsöfen ist festzustellen: 1) die Dauer des Anheizens, d. h wie lange Zeit vom Anzünden des Feuers an vergeht, bis der abströmende Dampf 100° zeigt; 2) die Dauer des Eindringens, d. h. wie lange Zeit vergeht, bis die Temperatur von 100° auch in das Innere der Objecte vorgedrungen ist. Um diese zu bestimmen, wird in ein möglichst voluminöses Object, am besten ein Convolut wollener Decken, ein Maximalthermometer eingelegt; nach Ablauf einer gewissen Zeit wird der Ofen geöffnet und nachgesehen, ob das Thermometer bereits 100° erreicht hat. Ist das nicht der Fall, so muss der Versuch wiederholt werden. — Will man mit einem Versuche zum Ziel kommen, so legt man in das Innere des Deckenbündels ein Contaktthermometer, dessen Legirung bei 100° schmilzt und das dann durch ein elektrisches Läutewerk das Durchdringen dieser Temperatur signalisirt. — Die Eindringungsdauer beträgt gewöhnlich zwischen 30 und 60 Minuten. 3) Von dem Moment ab, wo an allen Stellen der Objecte die Temperatur von 100° aufgetreten ist, beginnt die eigentliche Desinfektion, die dann noch 10 Minuten einzuwirken hat, um auch die widerstandsfähigsten Krankheitserreger abzutödten; für gewöhnlich genügen 5 Minuten. Durch Einlegen von Fäden mit Milzbrandsporen neben die Maximal- (resp. Contakt-) Thermometer und Prüfen der Fäden nach vollendeter Disinfektion auf ihr Wachsthum in Culturen oder auf ihre Infektionsfähigkeit lässt sich über die Gesammtleistung des Apparats ein Urtheil gewinnen.

Die Resultate der Desinfektion in diesen Oefen sind vollkommen befriedigend. Die Vernichtung der Krankheitserreger erfolgt bei richtiger Handhabung regelmässig und sicher. Eine Beschädigung der Sachen tritt nicht ein; allerdings nur wenn eine gewisse Auswahl und vorsichtige Behandlung erfolgt. Auszuschliessen sind alle Leder- und

Gummisachen, die im Ofen hart werden und schrumpfen; ebenso Pelzwerk. Ferner alle mit Blut, Eiter oder Koth stark beschmutzte Wäsche; in derselben entstehen wie durch das Kochen (S. 566) fest haftende Flecke.

Teppiche und Tuchkleider sind möglichst wenig zu knicken, nur zu rollen oder zu hängen. Feine Herrenkleider verlieren etwas an „Façon"; feine Damenkleider werden reparaturbedürftig, da Plisséfalten ausgehen, Sammetstreifen gedrückt werden etc. — Dagegen werden einfachere Herren- und Damenkleider, Matratzen, Betten, Wäsche, Vorhänge etc. selbst bei oft wiederholter Desinfektion nicht geschädigt. Nur ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Objecte von keinem Condenswasser getroffen werden und nirgends mit Metalltheilen des Apparats in Berührung kommen; letztere sind sorgfältig mit Friesstreifen zu umwickeln.

b) Ausser den Oefen befinden sich in den Desinfektionsanstalten Behälter von $^{1}/_{2}$ bis 1 cbm Inhalt, die mit Sublimat-Kochsalzlösung (1 g Sublimat, 12 g Kochsalz auf 2 Liter Wasser) oder mit Aq. Cresoli + Wasser ana gefüllt sind. Dieselben dienen zur Desinfektion der stark beschmutzten Wäsche. Diese muss von den Desinfekteuren bereits in der Wohnung ausgeschieden und in einem besonders bezeichneten Sack zur Anstalt geschafft werden. Dort wird der ganze Sack für 6 Stunden in die Sublimatlösung eingelegt; dann wird in einem zweiten Behälter mit fliessendem Wasser die Sublimatlösung entfernt, darauf der Sack geöffnet, die Wäsche oberflächlich getrocknet und dem Eigenthümer wieder zugestellt. — Die Lösung kann mehrere Male benutzt werden, bis sie trübe und schmutzig wird. Jede Füllung kostet im Mittel 60 Pf.

c) Ferner werden alle Utensilien für die Formaldehyddesinfektion vorräthig gehalten, die in der unten abgedruckten „Dienstanweisung" aufgezählt werden. Für steten Ersatz des Formalins, des Spiritus und der Ammoniaklösung ist Sorge zu tragen.

d) In der Desinfektionsanstalt müssen Transportwagen vorhanden sein, je nach Bedarf kleinere Handwagen, Fahrräder oder grössere Wagen für Bespannung; durch Oelfarbenanstrich, Ausschlagen mit Zinkblech u. s. w. sind sie so ausgestattet, dass sie mittelst Abwaschens mit Sublimatlösung leicht desinficirt werden können.

Ausführung der Desinfektion.

Dieselbe ist verschieden, je nachdem dieselbe während der Krankheit oder aber nach Ablauf der Krankheit stattfinden soll. Erstere Desinfektion muss den Pflegern des Kranken überlassen werden; eine Controle durch Aufsichtsbehörden ist nicht durchführbar, und es kann

daher diese Desinfektion dem Publikum nur angerathen, aber nicht gesetzlich vorgeschrieben werden.

Für die Desinfektion während der Krankheit sind Aq. Cresoli + Wasser zu gleichen Theilen und 20 procentige Kalkmilch ausreichend. Alle frischen Absonderungen, Dejektionen, Sputa u. s. w. sind sofort mit Kalkmilch zu übergiessen (Sputa event. zu verbrennen, s. unten); nach $^1/_2$ stündiger Einwirkung kann die Mischung in den Abort geschüttet werden, worauf etwas reine Kalkmilch nachzugiessen ist. Die beschmutzte Wäsche ist in ein grösseres Gefäss (Steintopf, Blechgefäss), das einige Liter Cresolwasser enthält, zu legen und dort unter gut schliessendem Deckel aufzubewahren bis zur Abholung durch Desinfekteure oder bis — nach Ablauf von 6 Stunden — die Desinfektion als ausreichend anzusehen ist, so dass der Weiterbehandlung im Hause nichts im Wege steht. Verbandstücke u. dgl., ebenso die Hadern, welche zur Reinigung des Zimmers gedient haben, ferner Cartongefässe mit Sputum (s. unter Tuberculose) und anderen Exkreten werden im Zimmerofen verbrannt. Ess- und Trinkgeschirr des Kranken darf entweder nicht aus dem Krankenzimmer herauskommen und muss dort gereinigt werden; oder man stellt es in einen eisernen, zur Hälfte mit Sodalösung gefüllten Kochtopf, der herausgereicht, sofort auf's Herdfeuer gestellt und dort belassen wird, bis die Sodalösung $^1/_4$ Stunde im Sieden gewesen ist. Eine Waschschale mit Cresolwasser muss stets bereit stehen für die Desinfektion des Pflegepersonals.

Nach Ablauf der Krankheit ist der Genesene durch Abwaschen des Gesichts, der Hände und Vorderarme mit Sublimatlösung zu desinficiren; Haar und Bart sind mit der gleichen Lösung zu bürsten; dann hat er reine Wäsche und unverdächtige Kleidung anzulegen, darauf das Krankenzimmer zu verlassen und nun das Sublimat durch Abwaschen mit Wasser wieder zu entfernen. Wenn möglich soll dem Anlegen der reinen Wäsche ein Bad vorausgehen; das Badewasser ist event. durch Zusatz von 10 Liter Kalkmilch oder 100 g Sublimat zu desinficiren. — Die Leiche ist mit Sublimatlösung zu waschen oder in ein mit Sublimatlösung befeuchtetes Tuch einzuhüllen, möglichst bald einzusargen und nach der Leichenhalle zu transportiren. Von da aus kann die Bestattung unbedenklich mit den üblichen Feierlichkeiten erfolgen.

Das vom Kranken verlassene Krankenzimmer enthält dann stets eine grosse Menge von Infektionsquellen. Dasselbe darf daher anderen Menschen keinesfalls zugänglich sein, ehe nicht eine vollständige Desinfektion stattgefunden hat. Die Behörden haben in zahlreichen Städten durch Erlass besonderer Verordnungen eine Desinfektion am Schluss jeder der Anzeigepflicht unterworfenen Krankheit obligatorisch ge-

macht. Da aber die ausreichende Desinfektion eines Krankenzimmers eine genaue Kenntniss der Desinfektionstechnik voraussetzt, darf diese Schlussdesinfektion nie dem Publikum, oder irgend welchen Heilgehülfen, Schutzleuten, Tapezierern u. a. m. anvertraut werden, sondern einzig und allein geschulten und geprüften Desinfekteuren. Nur dann kann auch eine Beschädigung der Gebrauchsgegenstände vermieden werden; nur mit solchem geschulten Personal ist ferner ein geordneter Betrieb der Desinfektionsanstalt möglich. Dementsprechend enthalten jene Polizei-Verordnungen gewöhnlich noch die Bestimmung, dass nur die von der städtischen Desinfektionscolonne vorgenommene Desinfektion als gültig angesehen wird.

Ueber das Verfahren bei der Schlussdesinfektion giebt die folgende Dienstanweisung für die amtlich angestellten Desinfektoren in Breslau Aufschluss:

§ 1.

Die Anstellung als amtlicher Desinfektor erfolgt auf Ansuchen des Betreffenden durch den Magistrat nach Einvernehmen mit dem Königlichen Polizei-Präsidium. Bewerber haben sich vorher einer Prüfung bei dem Königlichen Polizei-Stadtphysikus bezw. bei einer später etwa einzusetzenden Prüfungsbehörde zu unterziehen und durch ein Zeugniss desselben bezw. derselben den Nachweis zu liefern, dass sie die für die Ausführung der Desinfektion erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten besitzen.

§ 2.

Die Besoldung der Desinfektoren erfolgt durch den Magistrat.

§ 3.

Die Desinfektoren haben nach Auftrag seitens des unmittelbaren städtischen Vorgesetzten unverzüglich die Desinfektion der Krankenräume auszuführen und den Transport derjenigen Gegenstände, welche der Dampfdesinfektion bedürfen, nach der öffentlichen Desinfektionsanstalt zu veranlassen.

§ 4.

Zu diesem Zwecke haben sie in der Regel (die Ausnahmen sind unter § 7 aufgeführt) die folgenden, zur Desinfektion von 200 cbm Rauminhalt ausreichenden Utensilien mit sich zu führen:

1. 1 Packet Watte,
2. $^1/_4$ kg Wattenstreifen,
3. $^1/_2$ kg Fensterkitt (in Blechdose),
4. 1 Glaserkittmesser,
5. Packpapier, Kartoffelstärke (in Blechdose), Scheere und Stecknadeln,
6. 1 Maassstab,
7. 1 eisernes, zusammenklappbares Gestell,
8. 1 Packet Schnur,
9. 2 grosse Blecheimer, emaillirt,
10. 4 Handtücher,

11. 10 g Quecksilbersublimat und etwas Kochsalz (event. 1 Liter Liq. Cresoli saponatus),
12. 2 $^{1}/_{2}$ Liter Brennspiritus,
13. 1 Tasche aus Leinen zum Transportiren des Arbeitsanzuges (1 Blouse aus Leinwand, 1 Hose aus Leinwand, 1 Leinwandmütze mit vorderem und hinterem Schirm, Stiefeln von wasserdichter Leinwand),
14. 1 Ammoniakentwickler nebst Spiritusflamme und Schlauch,
15. 2 Liter Ammoniak (25 procentig),
16. Maassgefässe zu 1 Liter und $^{1}/_{2}$ Liter, letzteres mit Theilstrichen.
17. 1 Blechrinne zum Auffangen verspritzter Ammoniaktropfen,
18. Wäscheleinen,
19. einige Holzklötze,
20. 1 Formaldehyd-Verdampfungsapparat nebst Gestell und Spirituslampe,
21. 2 Liter 40 procentige Formaldehydlösung und
22. mehrere kleinere und grössere Säcke zur Aufnahme der nach der Desinfektionsanstalt zu schaffenden Gegenstände.

§ 5.

Die Desinfektion geschieht bei Diphtherie, Scharlach, Masern, Tuberkulose und Influenza in folgender Weise:

Pflanzen und lebende Thiere müssen aus dem Zimmer entfernt werden.

Die Desinfektoren legen vor dem Krankenzimmer ihren Arbeitsanzug an, bereiten die desinficirende Lösung (eine Sublimatpastille und 2 Theelöffel voll Kochsalz, bezw. 10 ccm Liq. Cres. sapon. auf 2 Liter Wasser im Ganzen 6 bis 20 Liter) und betreten dann das Krankenzimmer.

Sodann werden die Eimer mit Sublimatlösung gefüllt, die Bettbezüge und die grobbeschmutzte Wäsche werden hineingelegt, grobbeschmutzte Stellen des Fussbodens und der am Bett befindlichen Wand werden stark mit Sublimatlösung befeuchtet; etwaige frische Sputa und sichtbare angetrocknete Sputa mit einer 5 p. m. Sublimatlösung.

Darauf werden Bettstellen u. s. w. abgerückt, Thüren der Schränke geöffnet, Schübe vollständig vorgezogen oder herausgenommen und an das betreffende Möbelstück angelehnt, Spielsachen, Bücher u. s. w. frei aufgehängt oder aufgestellt. Unter Möbel mit niedrigen Füssen werden an einer Seite Holzklötze geschoben. Sodann wird das Gestell (s. Nr. 7) aufgeschlagen (in geeigneten Fällen statt dessen Wäscheleinen, s. Nr. 18); an demselben werden Betten, Decken, kleinere Teppiche und Kleider so aufgehängt, dass sie nirgends aufliegen und dass enge Falten nicht gebildet werden. Die Betten sind so aufzuhängen, dass sie an den Zipfeln mit Bindfaden, der in Sublimatlösung eingetaucht und wieder ausgewunden worden ist, festgebunden und freihängend befestigt werden.

Kleider sind ebenfalls freihängend zu befestigen, Röcke und Blousen u. s. w., indem man eine Stange durch beide Aermel steckt, Rockkragen sind aufzuklappen, sämmtliche Taschen werden nach aussen umgewendet, Taschentüche werden in Sublimatlösung gelegt.

Dann werden Fenster und Stubenthüren mit Wattestreifen, die in Sublimatlösung getaucht und ausgedrückt sind, sorgfältig gedichtet. Sprünge in den Fensterscheiben und Thüren sind mit Kitt zu verschliessen.

Die Schlüssellöcher der Thüren werden bis auf dasjenige der Aussenthür verstopft. Auf Luftheizungs-, Ventilations- und andere Oeffnungen in den

Wänden (auch Rohrleitungen, Klingelleitungen u. s. w., welche zu Nebenräumen führen) ist zu achten; nöthigenfalls ist Verklebung mit Papier oder Kitt vorzunehmen.

Ofenthüren sind fest zu schliessen und ebenfalls mit Watte zu dichten, grobe Sprünge im Ofen sind zu verkleben.

Es ist überhaupt die grösste Sorgfalt auf die Dichtung des Zimmers zu verwenden, da hiervon der Erfolg der Desinfektion wesentlich abhängt.

Durch das Schlüsselloch der Thür wird die Blechrinne (s. Nr. 17) durchgesteckt und mit Draht befestigt. Sodann wird das Zimmer ausgemessen und die Formaldehydentwicklung vorbereitet.

Nach der dem Verdampfungsapparat beigegebenen Tabelle ist das flüssige Formalin mit Wasser zu mischen und in den Kessel einzufüllen. Gleichfalls aus der Tabelle ist die Spiritusmenge zu ersehen, welche in die Spirituslampe eingefüllt wird.

Der Apparat ist so aufzustellen, dass er ein Oeffnen der Thür ermöglicht.

Ferner muss, um jede Feuersgefahr auszuschliessen, ein freier Raum im Umkreis von mindestens $^1/_2$ m um den Apparat gelassen werden. Ist wegen Kleinheit oder Ueberfüllung des Zimmers eine völlig feuersichere Aufstellung des Apparats nicht möglich, so ist derselbe ausserhalb des Zimmers aufzustellen und das entwickelte Formaldehyd ist mit Hülfe einer Schlauchverbindung durch das Rohr der Blechrinne (Nr. 17) in das Zimmer zu leiten. Ein Desinfektor hat in diesem Falle den Apparat zu überwachen, bis der Spiritus vollkommen verbrannt ist.

Vor dem Verlassen des Zimmers legen die Desinfektoren ihre Arbeitskleidung ab, hängen sie auf das Gestell, waschen sich Gesicht, Bart und Hände mit Sublimatlösung. Es folgt Abdichten der Thür von aussen mit feuchten Wattestreifen und Kitt; der untere Thürrand kann durch Vorlegen eines feuchten Handtuches verschlossen werden.

Frühestens sieben Stunden nach dem Anzünden des Spiritus kommt ein Desinfektor, um das Ammoniak zu entwickeln; die für den Raum nöthige Ammoniakmenge ist aus der Tabelle zu entnehmen.

Der Ammoniakentwickler wird mit dem aus dem Schlüsselloch hervorragenden Theile der Blechrinne durch einen starken Schlauch verbunden. (Siehe Gebrauchsanweisung.)

Im Beisein des Desinfektors wird das Ammoniak verdampft, wozu 100 bis 150 ccm Spiritus ausreichen. Eine Stunde nach Anzünden des Ammoniakentwicklers folgt Oeffnen des Zimmers und der Fenster, Auswaschen der in Sublimatlösung gelegten Wäsche, Weggiessen des Sublimats, Einordnen der Sachen u. s. w.

Muss die Desinfektion in möglichst kurzer Zeit beendet werden, so kann man die doppelte Menge Formaldehyd entwickeln (die dann erforderlichen Zahlen für Formalin, Wasser, Spiritus und Ammoniak sind aus der letzten Seite der Tabelle zu entnehmen), und dann schon nach $3^1/_2$ Stunden mit der Entwicklung des Ammoniaks beginnen.

Ist das zu desinficirende Zimmer in aussergewöhnlichem Maasse mit Gebrauchsgegenständen, insbesondere solchen, welche Flüssigkeiten aufsaugen, z. B. mit zahlreichen Matratzen, Kleidern u. s. w. gefüllt, so ist die doppelte Menge Formaldehyd zu entwickeln, und die Zeitdauer auf 7 Stunden auszudehnen.

§ 6.

Bei Pocken, Pest, Kindbettfieber, Rose und Abdominaltyphus ist neben der im § 5 angegebenen Formalindesinfektion die Desinfektion der von dem Kranken benutzten Betten und Matratzen im Dampfapparat erforderlich.

Zu diesem Zwecke werden die genannten Gegenstände soweit möglich zunächst in trockene Säcke eingehüllt, und diese dann in je einen mit Sublimatlösung befeuchteten Sack gesteckt. Sorgfältig zugeschnürt werden die letzteren zur öffentlichen Desinfektionsanstalt befördert. Ueber die in den Säcken befindlichen Gegenstände ist dem Eigenthümer eine Bescheinigung zu hinterlassen. Das Bettstroh, der Strohsack und andere werthlose Gegenstände werden zum Transporte ebenfalls in einen mit Sublimatlösung befeuchteten, besonders bezeichneten Sack eingehüllt. (Dampfdesinfektion oder Verbrennen.)

§ 7.

Bei Cholera und Ruhr ist von der Formalindesinfektion abzusehen.

Die Desinfektion hat sich bei diesen Krankheiten auf die Desinfektion der Betten, Wäsche und Kleider im Dampfapparate (§ 6), das gründliche Abwaschen der näheren Umgebung des Krankenbettes mit Sublimat- (oder Cresol-)Lösung sowie die Desinfektion des Abortes mit Kalkmilch zu beschränken.

§ 8.

Bescheinigungen über erfolgte Desinfektion sind auf Verlangen durch das Desinfektionsamt auszufertigen.

§ 9.

Auf Erfordern ihrer Vorgesetzten haben die Desinfektoren Reinigungsbäder zu nehmen.

§ 10.

Desinfektoren, die ohne triftigen Grund die Uebernahme einer Desinfektion ablehnen, eine übernommene Desinfektion säumig, nachlässig oder unvollkommen ausführen oder sich sonst in ihrem Amte unzuverlässig oder unfähig erweisen, können ohne Weiteres aus ihrer Stellung entlassen werden.

Die Kosten für die obligatorische Desinfektion sind nach einer von der Behörde vorzuschreibenden Taxe von dem Inhaber der Wohnung zu zahlen; im Unvermögensfalle wird die Zahlung seitens der Commune geleistet. Im Interesse der möglichsten Ausdehnung der Desinfektion wäre es wünschenswerth, dass jede Desinfektion auf Kosten der Commune geschieht; wenigstens sollte die Grenze für die Anerkennung der Zahlungsunfähigkeit der Privaten so weit als möglich gezogen werden. Neben der obligatorischen Desinfektion kommen in grösseren Städten noch zahlreiche Fälle vor, in denen die Desinfektion nicht von der Behörde verlangt, wohl aber von den Angehörigen des Kranken gewünscht wird. Für diese „fakultative" Desinfektion ist natürlich stets Zahlung zu leisten, eventuell nach höherer Taxe.

Die Desinfektion, wie sie im Vorstehenden geschildert ist, repräsentirt eines der wichtigsten Schutzmittel gegen die Infektionskrankheiten. In keiner Stadt sollten daher diejenigen Einrichtungen fehlen, welche zur Durchführung einer rationellen Desinfektion erforderlich sind. Ohne öffentliche Desinfektionsöfen, Desinfektionscolonnen und eine genaue Desinfektionsordnung ist jeder Versuch einer Desinfektion nutzlos, die Ausgabe für die Desinfektionsmittel ist vergeudet, und fast stets werden zahlreiche Objecte unbrauchbar gemacht oder stark beschädigt. — Allerdings darf man nicht erwarten, dass durch rationelle Desinfektionseinrichtungen alle Uebertragungen von Krankheitserregern vermieden werden. In einer grossen Zahl von Fällen wird während der Krankheit ungenügend desinficirt werden, und manchmal wird sogar eine befriedigende Schlussdesinfektion unausführbar sein. Es kann vorkommen, dass in einem Krankenzimmer sich zahlreiche Polstermöbel, Portièren u. dgl. finden, die eine ausreichende Desinfektion ohne Beschädigung der Sachen und ohne zu grossen Zeitverlust unmöglich machen. Es würde indess sehr unrichtig sein, mit derartigen Ausnahmen oder mit dem Hinweis auf die Mengen von Infektionserregern, welche während der Krankheit bezw. vom Rekonvalescenten ausgestreut werden können, das ganze Verfahren für überflüssig erklären zu wollen. Für den einsichtigen Theil der Bevölkerung einer Stadt muss die Möglichkeit einer vollwirksamen Schlussdesinfektion unbedingt geboten sein; ohne eine solche kann der freie Verkehr mit gutem Gewissen nicht wieder aufgenommen werden.

II. Die Infektionswege.

Der Transport der Infektionserreger zu denjenigen Stellen des Körpers von gesunden Individuen, von denen aus die Invasion des Organismus erfolgen kann, vollzieht sich

Erstens: mittelst Berührungen, Contakte (durch die Hände, Küsse u. s. w.). Gesunde Personen berühren Infektionsquellen (den Kranken, Exkrete, Wäsche, Essgeschirr u. dgl.) einerseits, die oberflächlichen Schleimhäute oder kleinste Hautwunden andererseits. Es ist dies der weitaus wichtigste und betretenste Transportweg, der aber gewöhnlich unterschätzt wird, weil namentlich viele manuelle Berührungen unbewusst und unmerklich sich vollziehen. Nachweislich bleiben aber bei der Berührung von Infektionsquellen sehr leicht Erreger an den Händen des Berührenden haften und werden nachweislich auch durch die üblichen Reinigungsverfahren nicht vollständig wieder entfernt; andererseits bringen alle Menschen ausserordentlich oft unbewusst die Finger mit dem Munde, der Nase, den Augen in Berührung,

oder fügen sich durch Kratzen kleine Erosionen der Haut zu. Es ist daher ganz zweifellos, dass diese Art des Transportes für diejenigen Infektionserreger, die von einer dieser Berührungsstellen aus in den Körper einzudringen vermögen, d. h. für die akuten Exantheme, Wundinfektionskrankheiten, Milzbrand weitaus am häufigsten, oft auch für Diphtherie, Cholera, Typhus, Ruhr u. s. w. in Frage kommt.

Naturgemäss ist die Gefahr solcher Uebertragung am grössten für diejenigen Menschen, die berufsmässig mit Infektionsquellen zu thun haben. Die Pfleger des Kranken, die Angehörigen, der Arzt sind am meisten exponirt; demnächst Wäscherinnen, Desinfekteure, ferner Trödler, Lumpensortirer (der Infektion mit Rotz und Milzbrand auch Gerber, Rosshaararbeiter). In viel geringerem Grade sind Menschen exponirt, welche mit verdünnten Infektionsquellen zu thun haben, wie z. B. die Canalreiniger. — Ausserdem können aber gelegentlich beliebige andere Menschen durch zufällige Berührung mit Infektionsquellen inficirt werden. Die im gleichen Hause mit dem Erkrankten Wohnenden sind Uebertragungen durch Treppengeländer, Thürgriffe u. dgl. ausgesetzt; im Menschengedränge der Strasse, in Läden, in Droschken, Pferde- und Eisenbahnwagen kann Jeder gelegentlich mit Krankenpflegern, Angehörigen, Wäsche- und Kleiderbündeln, an denen Infektionserreger haften, in Berührung kommen.

Zweitens: durch Genuss von Wasser und Nahrungsmitteln, welche Infektionserreger aufgenommen hatten. Diese Transportwege sind von besonderer Bedeutung bei denjenigen Infektionserregern, welche vom Darmtraktus aus die Infektion veranlassen (Typhus, Cholera, Cholera infantum, Milzbrand beim Rindvieh). Unter den Nahrungsmitteln sind solche am gefährlichsten, welche einen günstigen Nährboden für pathogene Bakterien abgeben oder welche vielfach roh oder ungenügend gekocht genossen werden, Milch, Salat, Radiese u. s. w. — Sehr häufig und in besonders grossem Umfange kann Wasser inficirend wirken; auch dann, wenn es nicht als Getränk genossen, sondern nur zur Reinigung der Ess- und Trinkgeschirre, zum Baden oder dgl. benutzt wird.

Drittens: durch Einathmung werden die in der Luft in Form von Tröpfchen oder von Staub enthaltenen Krankheitserreger mit der Respirationsschleimhaut in Contact gebracht (Tuberculose, akute Exantheme u. s. w.). Vielleicht können auch eingeathmete Krankheitserreger durch Verschlucken von Speichel und Schleim in den Darmtraktus gerathen und hier Infektion bewirken (Typhus).

Viertens: Stechmücken sind ausschlaggebend bei der Verbreitung der Malaria; Ungeziefer vermuthlich bei Recurrens. — Nicht

stechende Insecten, namentlich **Fliegen**, können Theilchen von Infektionsquellen auf den Körper des Gesunden, oder zunächst auf Speisen u. s. w. übertragen. Die Funktion dieser Insecten ist unter Umständen bedeutsam, weil sie die Infektionsquellen in concentrirtem Zustande transportiren und dieselbe der verdünnenden Wirkung der Luft und des Wassers gleichsam entziehen.

Die Infektion ist nicht immer mit dem Transport der Erreger an eine **beliebige** Stelle des Körpers vollendet; oft müssen vielmehr die Erreger an eine **specifische Invasionsstätte** gelangen, und nur von dieser aus beginnt nach einer Inkubationszeit, welcher die Erreger zu ihrer Wucherung bedürfen, die Erkrankung. So etablirt sich z. B. die Gonorrhoe nur auf der Harnröhren- und Conjunctivalschleimhaut; der Wirkungsbereich und die Invasionsstätte der Typhus- und Choleraerreger ist auf den Darm beschränkt. Gelangen Typhusbacillen in Hautwunden, Cholerabakterien in die Lungen, Gonokokken auf die Darmschleimhaut, so resultirt keine Erkrankung.

Einige Infektionserreger verfügen über multiple Invasionsstätten; so kann der Milzbrand von Hautwunden aus, vom Darm und von der Lunge aus die specifische Erkrankung hervorrufen. Tuberculose kann in der Lunge, im Darm, im uropoëtischen System beginnen; Diphtherie auf verschiedenen Schleimhäuten. Auch bei den akuten Exanthemen scheinen die oberflächlichen Schleimhäute in grosser Ausdehnung der Invasion zugänglich zu sein.

Die Bedeutung des einzelnen Transportweges für die Verbreitung einer bestimmten Infektionskrankheit hängt sehr wesentlich von der betreffenden Invasionsstätte für die Erreger ab. Für Tuberkelbacillen wird die Einathmung, für Typhusbacillen Wasser, für Erysipel werden Berührungen den weitaus wichtigsten Transportweg darstellen, während umgekehrt die Einathmung für Erysipel, Wasser für Tuberculose nicht in Betracht kommt.

Ferner ist es einleuchtend, dass die Lage und sonstige Beschaffenheit der specifischen Invasionsstätte von Einfluss sein muss auf den Grad der Contagiosität einer Krankheit. Die akuten Exantheme übertreffen in dieser Beziehung z. B. die Cholera, weil die ersteren ausgebreitete Invasionsstätten besitzen, die durch die verschiedensten Contakte und durch Luftkeime inficirt werden können, während bei der Cholera die Infektionserreger unbedingt in den Dünndarm gelangen müssen.

Einige Forscher haben allerdings angenommen, dass die Krankheitserreger nicht durchaus an ihre specifische Invasionsstätte gebracht werden müssen,

sondern dass sie vermöge ihrer Kleinheit leicht die verschiedensten trennenden Membranen des Körpers passiren können und dass daher Bakterien, welche in die Lunge oder in den Darm gelangen, von da durch Vermittelung der Lymphe und des Blutes an die Stätte transportirt werden, welche für ihre Wucherung geeignet ist. Sowohl die Erfahrungen und Beobachtungen beim kranken Menschen, wie auch die neueren, unter Beachtung aller Cautelen ausgeführten Thierexperimente machen es jedoch wahrscheinlich, dass im Allgemeinen ein solcher passiver Durchtritt von Bakterien nicht vom Darm und auch nicht von der Lunge aus stattfindet bezw. jedenfalls nicht über die nächsten Lymphdrüsen hinausgeht. Die einzige Art des Vordringens von diesen Oberflächen aus ins Blut besteht in einem aktiven Durchwachsen specifischer Arten von Bakterien.

Hinderung des Transports der Infektionserreger.

1) Die oben bezeichneten, oft zur Infektion führenden Contakte, Berührungen von Mund und Nase mit den Händen, Küsse u. s. w., sind thunlichst einzuschränken; Sitte und Erziehung kann in dieser Richtung viel zum Schutze der Gesunden beitragen.

Bei den stark contagiösen Krankheiten (akuten Exanthemen) ist ein Schutz des Pflegepersonals und der nächsten Umgebung gegen infektiöse Berührungen nicht durchführbar. In solchen Fällen sind daher womöglich immune Personen zur Pflege zu bestellen, und die Wärter ebenso streng wie die Kranken zu isoliren; Kinder im disponirten Alter sind vor allem bei Masern und Scharlach vom Erkrankten fernzuhalten. Auch bei Diphtherie ist die besondere Disposition der Kinder zu berücksichtigen. Bei Phthisikern sind Menschen mit chronischem Bronchialkatarrh und mit ererbter Disposition möglichst nicht zur Pflege zuzulassen.

Um im Uebrigen die Pfleger (resp. die Angehörigen) vor Contaktinfektionen nach Möglichkeit zu bewahren, sollen dieselben sofort bei Uebernahme der Pflege ein abwaschbares Oberkleid anlegen, das mindestens bis zu den Knieen herabreicht. Hat der Pfleger in bewusster Weise mit Infektionsquellen zu thun gehabt, so soll er die Hände mit Cresolwasser waschen, je nach Umständen auch das Oberkleid mittelst eines in Cresolwasser getränkten Schwamms leicht abreiben. Unbedingt soll er die Hände vor jeder Nahrungsaufnahme desinficiren. — Verlässt er das Krankenzimmer, so hat er vorher Hände und Vorderarme mit Carbolwasser zu waschen und das Oberkleid abzulegen. Ausserhalb des Zimmers soll er sich des Verkehrs mit anderen Personen oder der Berührung von Gebrauchsgegenständen nach Möglichkeit enthalten.

Der Arzt kann sich, seine Angehörigen und seine übrigen Patienten zunächst dadurch schützen, dass er beim Besuch Contagiöser seine

Bewegungen überwacht, der Art, dass keine unbewusste Berührung seiner Kleidung mit Infektionsquellen erfolgt. Der Vorderarm ist (durch Abnahme der Manschetten und Zurückstreifen des Rockärmels) theilweise zu entblössen, oder es werden Gummiärmel übergezogen; noch besser ein Oberkleid wie das des Pflegers, das jedesmal beim Betreten des Krankenzimmers angelegt wird und dort bis zum Ablauf der Krankheit verbleibt. Vor dem Verlassen des Krankenzimmers sind Hände und Arme, ebenso gebrauchte Instrumente (Stethoskop, Kehlkopfspiegel, Thermometer u. s. w.) mit Sublimatlösung zu desinficiren. Zweckmässig trägt für alle Fälle der Arzt ein kleines Fläschchen (zu 100 ccm) mit Sublimatlösung 1:2000 bei sich. Indem er sich etwas von der Lösung in die hohle Hand giesst und dann die Hände, Vorderarme und Aermel damit tüchtig abreibt, kann er eine beschränkte Desinfektion ohne alle weitere Utensilien ausführen. Die geringe Menge Sublimatlösung trocknet so rasch, dass ein Abtrocknen mittelst Handtuchs unnöthig ist.

In weitaus den meisten Fällen werden diese Schutzmaassregeln ausreichen; zuweilen aber wird es vorkommen, dass der Arzt in Folge von unruhigen Bewegungen des Kranken, staubiger Luft u. s. w. (insbesondere bei Erkrankungen an akuten Exanthemen) seine ganze Kleidung, Gesicht, Bart für inficirt halten muss.

Fälschlicher Weise glauben manche Aerzte dann eine ausreichende Desinfektion zu erzielen, wenn sie sich mit Carbollösung oder dgl. besprengen oder „durch die Luft gehen“ oder die Kleider zum Lüften hinhängen. S. 418 ist dargelegt, dass die Krankheitserreger auf diese Weise durchaus nicht beseitigt werden.

In solchem Fall soll der Arzt Gesicht, Haar und Bart mit Sublimatlösung abwaschen, wie es den Desinfekteuren vorgeschrieben ist, und seine ganze Kleidung mit einem Schwamm oder einer Bürste, die mit Sublimatlösung mässig angefeuchtet ist, gründlich abreiben resp. abbürsten.

Vollkommener sichert sich der Arzt, wenn er in einem zweckmässig gelegenen Zimmer (Vorzimmer) seiner Wohnung auf einem grösseren Tisch einen kleinen Thursfield'schen Desinfektionsofen aufstellt, etwa 20 cm weit und 60 cm lang. Ferner sind daselbst eine Waschschale, eine Flasche mit Sublimatlösung, ein Schwamm und zwei Shirtingtücher zum Einschlagen vorräthig zu halten. Nach dem Betreten dieses Zimmers befeuchtet der Arzt zunächst das eine Einschlagetuch mit Sublimatlösung, breitet es auf dem Tisch aus, darüber das zweite trockene Tuch, legt dann die Kleidung ab und wickelt sie in die Tücher ein. Das leicht umschnürte Packet kommt in den Desinfektionsofen und dieser wird angeheizt; dann wäscht der Arzt Gesicht und Kopf mit Sublimatlösung, nach einigen Minuten mit Wasser und Seife; inzwischen werden die Stiefel, der Tisch und der betretene Theil des Zimmers mittelst eines grossen

Schwamms mit Sublimat abgewaschen; schliesslich wird frische Kleidung angelegt. Bei einiger Uebung ist die ganze Procedur in 10 Minuten beendet. Die Kleidung wird nach einer Stunde aus dem Ofen herausgenommen. Tuchanzüge müssen nachher gebügelt werden. — Das geschnürte Kleiderpacket lässt sich auch ohne jede Gefahr nach der Desinfektionsanstalt transportiren.

2) Um die Aufnahme von Infektionserregern mit der Luft zu hindern, müssen vor allem die oben (S. 563) betonten Vorschriften bezüglich des Vermeidens von Staub eingehalten werden. Bei akuten Exanthemen verhütet die Einreibung der Haut des Kranken mit Lanolin die Ablösung trockener Schüppchen. — Um sich vor den beim Husten verspritzten Tröpfchen zu schützen, müssen die in der Umgebung des Kranken befindlichen Personen sich während der Hustenstösse in etwa 1 Meter Entfernung oder wenigstens nicht in der Richtung der Hustenstösse halten (s. unter „Tuberculose"). Beim Pflegepersonal ist ein vollständiger Schutz in diesen Fällen nicht möglich. Respiratoren nützen nichts. Selbst Masken mit Gazeschleiern lassen stets einen grossen Bruchtheil der Luftkeime durchtreten.

3) Wasser ist namentlich zu Epidemiezeiten nur aus tadellosen Leitungen oder Brunnen zu entnehmen, Flusswasser dagegen wo möglich gar nicht zu benutzen; Filterwerke sind genau zu überwachen. Die Nahrung muss in Zeiten, wo Infektionen mit Typhus, Cholera, Ruhr, zu fürchten sind, stets gut gekocht genossen werden; Milch, Fleisch, Nahrungsmittel aus Gemüsekellern sind dann mit besonderer Vorsicht zu behandeln; die Küchengeräthschaften sind von Zeit zu Zeit einer Desinfektion mit kochender Sodalösung zu unterwerfen.

4) Die Schutzmaassregeln gegen eine Verbreitung von Infektionserregern durch Stechmücken s. unter „Malaria".

III. Die individuelle Disposition und Immunität.

In den Krankheitserregern haben wir genau genommen niemals die einzige, ausreichende Ursache der Infektionskrankheiten zu sehen, sondern letztere entwickeln sich erst aus dem Zusammenwirken des Krankheitserregers und eines für dessen Entwicklung günstigen Substrats, eines „empfänglichen" oder für die Erkrankung „disponirten" Organismus (Organs). Es ist irrelevant, ob jenes günstige Substrat vielleicht richtiger als „Ursache", der Parasit dagegen als „auslösender Reiz" bezeichnet wird; dem Sprachgebrauch entspricht es besser, die Bezeichnung „Ursache" für den die Erkrankung plötzlich auslösenden Erreger beizubehalten. Keinesfalls darf aber die Disposition vernachlässigt werden; sie spielt bei verschiedensten Infektionskrankheiten eine

äusserst wichtige Rolle und hat auch auf die Art der natürlichen Ausbreitung solcher Krankheiten erheblichen Einfluss.

Seit lange hat man beobachtet, dass unter einer Anzahl von gesunden Individuen, welche in gleicher Weise mit Infektionserregern in Berührung kommen, nur einige erkranken, während andere selbst bei wiederholter Infektionsgefahr resp. bei absichtlicher Infektion gesund bleiben; letztere bezeichnet man als unempfänglich oder immun oder refractär für die betreffende Infektionskrankheit.

Man unterscheidet eine angeborene Immunität resp. Disposition und eine erworbene; letztere kann auf natürlichem Wege, z. B. durch Ueberstehen einer parasitären Erkrankung, entstanden oder absichtlich, künstlich durch sog. Schutzimpfung hervorgerufen sein.

Im Folgenden sollen zunächst diejenigen Eigenschaften des Körpers und die Vorgänge im Körper besprochen werden, welche auf Grund neuerer Beobachtungen und experimenteller Forschungen als Ursache der Immunität angesehen werden müssen. Sodann sind die absichtliche Herstellung der Immunität und die einzelnen künstlichen Immunisirungsmethoden, namentlich so weit sie sich praktisch für die Bekämpfung der parasitären Krankheiten verwenden lassen, zu erörtern.

A. Wesen und Ursachen der Disposition und Immunität.

1. Aeussere Ursachen.

Aeusserlich gelegene Schutzvorrichtungen des Körpers können die angeborene Empfänglichkeit von ganzen Thierspecies oder von einzelnen Individuen einer Species bestimmen, indem sie je nach ihrer besseren oder schlechteren Entwicklung das Eindringen der Parasiten und deren Hingelangen zur specifischen Invasionsstätte erschweren oder erleichtern. So ist der Magensaft je nach dem Grade seiner sauren Reaktion im Stande, bei der einen Thiergattung resp. bei einigen Individuen die auf eine Wucherung im Dünndarm angewiesenen Infektionserreger stärker zu schädigen, als bei anderen Gattungen bezw. Individuen, bei denen in Folge des geringen Säuregrades diese Schutzpforte leicht passirt wird (Cholera). Ferner bieten die engen und verschlungenen Eingangswege, das Flimmerepithel und die empfindliche, Hustenstösse auslösende Schleimhaut des Respirationstraktus ein bedeutsames, aber sowohl nach der Thierspecies wie individuell verschieden entwickeltes Hinderniss für das Eindringen von Parasiten in tiefere Theile der Lunge. An verschiedenen Invasionsstätten äussert das normale schleimige Sekret baktericide Wirkungen (Vagina); oder die Epithelkleidung setzt dem weiteren Vordringen der Parasiten und der Re-

sorption ihrer giftigen Produkte kräftigen Widerstand entgegen; und auch in dieser Beziehung scheinen erhebliche Differenzen vorzuliegen, so dass z. B. eine scheinbar unbedeutende Auflockerung des Epithels durch Katarrhe und dgl. ausschlaggebend werden kann für die Entwickelung der parasitären Krankheit. Auch durch phagocytäre Wirkung (s. unten) scheinen Epithelzellen sich am Schutze des Körpers gegen eindringende Parasiten zu betheiligen. Hat ein Durchtritt von Keimen durch die Lymphspalten einer Schleimhaut stattgefunden, dann sind es vor allem die Lymphdrüsen, welche die Eindringlinge abfangen und abzutödten versuchen.

Häufig ändert sich die Empfänglichkeit desselben Individuums während des Lebens, und es wird eine Immunität oder Disposition dadurch erworben, dass äussere Invasionspforten sich schliessen oder öffnen. Für septische Erkrankungen entsteht die Disposition durch Wunden der äusseren Haut und der Schleimhäute, durch Sekretstagnation u. s. w., während sorgfältiger Schutz der Wunden oder Ausheilung die Disposition beseitigt. Gastricismen disponiren zu Cholera, vielleicht auch zu Typhus, chronische Bronchialkatarrhe zu Phthise, Pharynxkatarrhe zu infektiöser Angina; Beseitigung derartiger Affektionen durch Schonung oder auf medikamentösem Wege stellt eine relative Immunität her. Auf einer Aenderung des Epithels an der Invasionspforte beruht wenigstens theilweise wohl die Immunität gegen Diphtherie, die wir bei den meisten erwachsenen Menschen im Gegensatz zum kindlichen Organismus beobachten.

Auch zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten sind diese Verhältnisse insofern auszunutzen, als Menschen, die durch Mängel der äusseren Schutzvorrichtungen für eine Krankheit disponirt sind, nach Möglichkeit aus dem Infektionsbereich eines Erkrankten fern zu halten sind (vgl. S. 587).

2. Innere Ursachen.

Ausser den besprochenen äusseren Schutzvorrichtungen müssen zweifellos Vorkehrungen im Inneren des Körpers die Empfänglichkeit in hohem Grade beeinflussen, da auch nach künstlicher Einimpfung, welche die äusseren Schutzpforten durchbricht, die Differenzen zwischen disponirten und immunen Thieren sich geltend machen. In Folge solcher innerer Schutzvorrichtungen ist z. B. ausser dem Menschen kein Thier für eine Infektion durch Syphilis, Scharlach, Cholera, Gonorrhoe u. s. w. empfänglich. Andere Infektionskrankheiten, wie Milzbrand, Tuberculose, Rotz kommen bei zahlreichen Species vor, haben aber auch ihre immunen Ausnahmen, z. B. sind Ratten gegen Milzbrand,

Kaninchen gegen Rotz, Hühner gegen Tetanus, Hunde gegen Tuberculose völlig oder relativ immun. Geringfügige Rassedifferenzen sind oft ausschlaggebend für die Disposition resp. Immunität gegenüber einer Infektionskrankheit. Die weissen Hausmäuse sind für Infektion mit Micrococcus tetragenus empfänglich, die grauen unempfänglich. Neger sind immun gegen Gelbfieber und zeigen eine geringere Disposition für Malaria als die weisse Rasse.

Ferner beobachten wir ein Freibleiben einzelner Individuen bei Epidemieen von akuten Exanthemen, seltener bei Masern und Pocken, häufig bei Scharlach; ferner in ausgesprochener Weise bei Recurrens, Abdominaltyphus, Cholera, Tuberculose. Allerdings muss man bei der Beurtheilung solcher Fälle vorsichtig verfahren und sicher sein, dass das Ausbleiben der Erkrankung nicht etwa auf dem Fehlen des Contagiums beruht. Erst wenn an der Uebertragung infektionstüchtiger Erreger gar nicht zu zweifeln ist, darf auf Immunität als Ursache des Nicht-Erkrankens geschlossen werden.

Die wirksamen inneren Vorrichtungen werden — entsprechend den S. 552 gegebenen Darlegungen — verschiedener Natur sein können, je nachdem die Erreger vorzugsweise durch ihre Wucherung im Körper oder durch Produktion von Toxinen den Organismus schädigen. Die durchgreifendste Gegenwehr, und zugleich diejenige, welche gegenüber der erstgenannten Kategorie von Erregern allein Aussicht auf Erfolg bietet, wird in der Vernichtung der eingedrungenen Erreger bezw. in ihrer Wachstumshemmung bestehen. Bei der zweiten Kategorie von Erregern wird dagegen schon eine Beseitigung der Toxinwirkung ausreichenden Schutz gewähren, ohne dass die Wucherung der Erreger besonders gehemmt zu werden braucht. — Beide Arten von Schutzmitteln finden im Körper Verwendung; und zwar werden dieselben theils von gewissen Zellen des Körpers, den Phagocyten, geliefert, theils sind sie in Bestandtheilen der Körperflüssigkeiten enthalten.

a) Die Phagocytose.

Metschnikoff und seine Schüler sehen die wesentlichsten Schutzeinrichtungen in der Phagocytose. Sie nehmen an, dass Sensibilitätserscheinungen lebender Körperzellen für die Immunität von ausschlaggebender Bedeutung sind: lebende auf chemotaktische Reize reagirende Zellen nähern sich im immunen Körper den Krankheitserregern, nehmen sie in ihr Inneres auf und tödten sie dort ab, während Mikroben, für die der Körper empfänglich ist, sie abstossen und daher von ihnen unberührt bleiben. Die Fähigkeit, eingedrungene Keime aufzunehmen und intracellulär zu verdauen, kommt zahlreichen vom mittleren Keimblatt abstammenden Zellen zu. Man unterscheidet mobile und fixe

Phagocyten. Zu den ersteren gehören vor allem die mehrkernigen Leukocyten (Mikrophagen) und die grossen einkernigen Leukocyten (Makrophagen); zu letzteren gehören viele Endothelzellen, ferner Pulpazellen der Milz und des Knochenmarks, einige Bindegewebs- und Nervenzellen. Die beweglichen Phagocyten werden von den Mikroben angelockt, so dass sie sich an der gefährdeten Stelle massenhaft ansammeln und unter Umständen diese gegen das gesunde Gewebe durch einen so dichten Wall abgrenzen, dass schon darin ein bemerkenswerther Schutz gegeben ist. Ausserdem aber findet in den angesammelten Phagocyten oder in den festen Phagocyten der befallenen Organe eine Vernichtung der Mikroben statt durch mikrobicide Stoffe, die vorräthig sind oder nach Bedarf gebildet werden, z. B. Nukleïnsäuren, die aus dem Kern in die Zelle gelangen und für die in der That eine solche Wirkung nachgewiesen ist.

Erworbene Immunität beruht nach Metschnikoff auf einer Steigerung der phagocytären Fähigkeiten des Körpers. Durch verschiedene Eingriffe soll zunächst Phagocytose eintreten, welche stimulirend wirkt und zu einer Verstärkung der phagocytären Reaktion führt. Das Ueberstehen einer parasitären Krankheit führt zu einer höheren specifischen Sensibilität und zu gesteigertem Fressvermögen gegenüber diesen Parasiten. Künstliche Immunisirung mit abgeschwächten Erregern wirkt in ähnlicher Weise.

Metschnikoff hat seine Auffassung durch sehr zahlreiche Beobachtungen gestützt und in scharfsinniger Weise vom allgemein biologischen Standpunkt aus vertheidigt. Die Betheiligung der Phagocyten an dem Vorgang der Immunität darf seither als unbestritten gelten.

Indess ist der Organismus in seinem Kampf gegen eindringende Mikroben keineswegs ausschliesslich auf den Schutz durch Phagocytose angewiesen, und letztere ist in sehr vielen Fällen für einen Schutz unzureichend. Es ist nachgewiesen, dass eine chemotaktische Anlockung der Leukocyten bei vielen Bakterien nicht ausgeht von den Stoffwechselprodukten des lebenden Parasiten, sondern von solchen Proteïnen der Bakterienzelle, die erst beim Absterben der Zelle frei werden. Vollvirulente lebenskräftige Parasiten bedürfen daher oft erst einer Schädigung durch andere Einflüsse im Thierkörper, ehe die Anlockung der Leukocyten und die Phagocytose in Funktion treten kann. Ein solches Zugrundegehen durch andere Einflüsse, unabhängig von einer Betheiligung von Zellen, beobachtet man z. B. nach der Impfung mancher unempfänglicher Thiere mit Milzbrand, Rauschbrand u. s. w.; man kann hier deutlich verfolgen, wie ein Degeneriren und Absterben der eingebrachten Erreger vor sich geht, ohne dass Phagocyten in

der Nähe sind. Auch das Einbringen der Erreger in einer Umhüllung, welche einen Zutritt von Phagocyten ausschliesst, ändert nichts an diesen Absterbeerscheinungen. Nachträglich, wenn bereits eine Degeneration oder der Tod der Erreger eingetreten ist, wird dagegen Phagocytose beobachtet.

Auch wenn die Phagocytose nichts anderes leistete als diese Aufnahme und Fortschaffung bereits geschwächter oder todter Erreger, würde sie ein werthvolles Schutzmittel für den Organismus darstellen, insofern dadurch die beim Absterben der Bakterien frei werdenden Toxine beseitigt werden. Ausserdem aber sind anscheinend manche Bakterienarten der Phagocytose direct wohl zugängig; und endlich sind Leukocyten und andere phagocytäre Zellen hervorragend an der Produktion und Sekretion der im Folgenden zu besprechenden löslichen Stoffe betheiligt, welche offenbar viele eingedrungene Bakterien zu schädigen vermögen.

Die in den zellfreien Säften, vor allem im Blutplasma oder Blutserum des Körpers enthaltenen, den Körper gegen die Bakterienwirkungen schützenden Stoffe haben in neuerer Zeit in aussergewöhnlichem Maasse Interesse erregt und eine grosse Zahl von Untersuchungen veranlasst. Ueber ihre Beschaffenheit und den Mechanismus ihrer Wirkung ist von EHRLICH auf Grund der von ihm und seinen Mitarbeitern MORGENROTH, WASSERMANN, M. NEISSER u. A., sowie von BEHRING, PFEIFFER, WERNICKE, METSCHNIKOFF, BORDET, ROUX, CALMETTE, DENYS, VAN DER VELDE u. A. erzielten experimentellen Resultate eine Theorie aufgestellt, die zum Verständniss der Vorgänge bei der Immunität ausserordentlich viel beigetragen hat. Der folgenden Darstellung ist daher diese EHRLICH'sche Theorie durchweg zu Grunde gelegt. Jedoch kann hier aus der übergrossen Fülle des Materials nur das Wichtigste und für das Verständniss der neueren Immunitätslehre Wesentlichste mitgetheilt werden.

b) Schutzstoffe im Blut und in anderen Säften des Körpers.

Man unterscheidet 1) Antitoxine, 2) Agglutinine und Präcipitine, 3) Cytolysine (Bakteriolysine).

Antitoxine.

Während chemisch definirte Gifte, z. B. Alkaloide, im Parenchym nur lockere Bindung erfahren und während die „Gewöhnung“ an solche Gifte nicht auf Antitoxinbildung, sondern auf Aenderungen der Eliminirung u. s. w. beruht, werden die Bakterientoxine (ferner die Phytalbumosen wie Ricin, Abrin; gewisse thierische Sekrete wie Schlangengift) an das Protoplasma bestimmter Zellbezirke specifisch gebunden; sie werden assimilirt, ähnlich wie die Nährstoffe, denen sie in gewisser Weise nahe stehen. Eine derartige Assimilation können wir uns verständ-

lich machen durch die Annahme, dass die Zelle aus einem Leistungskern und aus Seitenketten besteht, Atomgruppen, denen die Aufnahme und theilweise Verarbeitung von Nährstoffen zufällt. Derartige Seitenketten bezeichnen wir als Receptoren. Jede lebende Zelle besitzt davon eine grössere Zahl, ausgezeichnet durch verschiedene Atomgruppirungen, an welche nur ganz bestimmte andere Atomgruppen verankert werden können. Bildlich kann man sich dies so vorstellen, als ob der Receptor an seinem Ende wie ein Schloss geformt ist, in das nur ein bestimmter Schlüssel passt.[1]) Solche Receptoren, die nur eine einfache Haftstelle haben, bezeichnet man als Receptoren erster Ordnung im Gegensatz zu später zu besprechenden Receptoren,

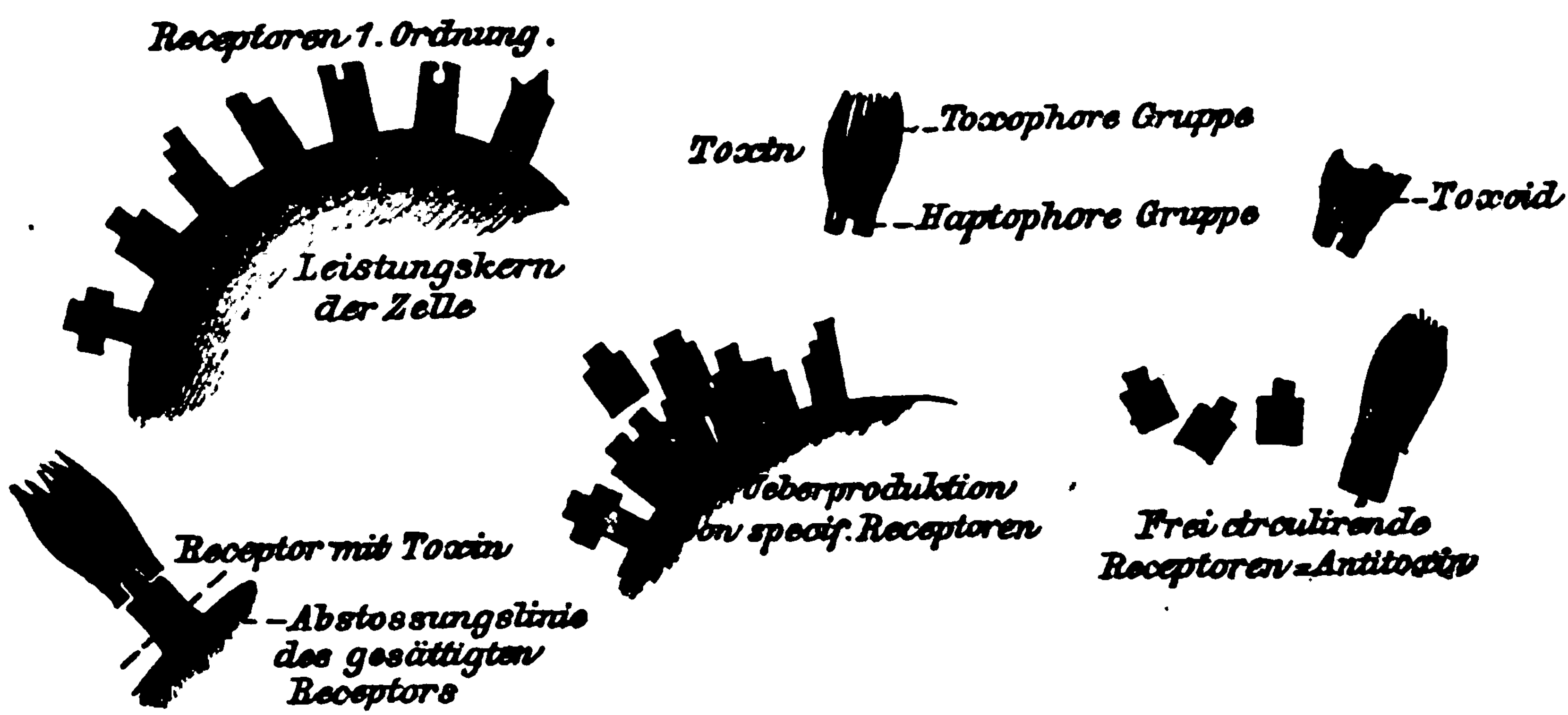


Fig. 171.
Entstehung der Antitoxine.

die noch andere seitliche Ausläufer haben. Den Receptoren erster Ordnung fällt die Aufnahme von Toxinen, Fermenten und anderen Zellsekreten zu, während hochmolekulare Eiweissstoffe nur von Receptoren höherer Ordnung bewältigt werden.

Die Toxine, welche auf irgend eine Zelle wirken, können diese Wirkung nur ausüben dadurch, dass sie eine Haftgruppe besitzen, welche auf einen Receptor der Zelle passt. Die Toxinmoleküle bestehen sonach aus einer haptophoren Gruppe und einer toxophoren Gruppe; ist erstere mit dem Receptor verankert, dann erst kann die Giftwirkung zu Stande kommen. Die Bakterientoxine sind indess sehr labile Körper; z. B. kann man durch mässige Wärme ihre toxophore Gruppe zerstören, und nur die resistentere haptophore Gruppe bleibt dann bestehen. Mit dieser bleibt aber die Affinität zu den betreffenden

---

[1]) Die Figg. 171—173 sollen nur ein Beispiel einer solchen bildlichen Darstellungsweise geben, das sich mir beim Unterricht als praktisch brauchbar bewährt hat.

Receptoren erhalten und es kann daher auch durch diese Reste Sättigung der Receptoren eintreten, ohne dass Intoxikation zu Stande kommt; solche geschwächte Toxine bezeichnet man als Toxoide.

Sind Receptoren gesättigt, so bleibt ihnen keine Funktion mehr und sie werden als unbrauchbar von der Zelle abgestossen. Nicht selten muss es aber unter dem Einfluss schädigender Momente mittleren Grades — wie bei allen Zellen — zu einer gesteigerten Zellleistung und zu reichlicher Produktion neuer Seitenketten kommen. In diesem Sinne muss die Einwirkung der Toxine selbst die Zelle zur Bildung überschüssiger Receptoren veranlassen; sogar in solcher Menge, dass die Zelle sich ihrer im ungesättigten Zustand entledigt und sie in die Körpersäfte abstösst. Solche frei cirkulirende Receptoren vermögen dann ebenfalls die haptophore Gruppe des Toxins zu verankern und damit das ganze Giftmolekül in den Säften mit Beschlag zu belegen, so dass dasselbe nicht auf Zellen der Gewebe seine Wirkung äussern kann. Diese abgelösten, frei cirkulirenden Receptoren (Seitenketten) fungiren daher als Antitoxin.

Mit Blut, welches derartiges Antitoxin enthält, kann man durch Reagensglasversuche zeigen, dass zwischen Toxin und Antitoxin eine chemische Bindung nach Aequivalenten stattfindet (nur bei sehr starken Verdünnungen nicht ganz gesetzmässig); durch gelinde Wärme wird die Bindung beschleunigt. Es erfolgt dabei keine Zerstörung des Toxins; denn beim Schlangengift, beim Gift des B. pyocyaneus kann in der Toxin-Antitoxin-Verbindung das in diesem Fall hitzeempfindlichere Antitoxin zerstört werden und dann zeigt sich das Toxin noch voll wirksam. Durch Toxoide (s. oben) erfolgt in der gleichen Weise Bindung des Antitoxins. — An gewissen Blutgiften (Ricin, Abrin), die in der gleichen Weise wie die Bakterientoxine Antitoxine bilden und mit ihnen chemische Verbindungen eingehen, haben sich diese Vorgänge besonders gut studiren lassen.

Ueber die Natur der Antitoxine ist noch wenig bekannt; die Eiweissreaktionen ihrer Lösungen deuten darauf hin, dass sie mindestens sehr zähe an Eiweissstoffen haften. Im Ganzen sind sie resistenter als die übrigen Antikörper; vertragen Erwärmen, Licht, Fäulniss relativ gut.

Angeborener Immunität gegenüber Toxinen begegnen wir nicht selten; Igel und Schweine sind gegen Schlangengift, Ratten gegen Diphtherietoxin, Hühner gegen Tetanusgift unempfänglich. Eine solche angeborene Giftfestigkeit kann entweder darauf beruhen, dass es an geeigneten Receptoren für das Gift fehlt. Oft ist bei empfänglichen Individuen nur ein bestimmtes Organ mit solchen Receptoren aus-

gestattet. So wird das Tetanus-Gift nur an Zellen des Centralnervensystems verankert. Verimpft man die Organe eines tetanusvergifteten Thieres auf andere Thiere, so ist eine Giftwirkung mit dem Gehirn nicht zu erzielen, wohl aber mit den verschiedensten anderen Organen, in welchen das Gift ungebunden geblieben ist. Bei unempfänglichen Individuen braucht es daher nur an geeigneten Receptoren in bestimmten Organen zu fehlen. (Histogene Immunität.)

Oder die Immunität beruht auf dem Vorhandensein von fertigem Antitoxin, bezw. darauf, dass auf die Einwirkung des Giftes der Körper mit reichlichster Neubildung und Abstossung von Receptoren zu reagiren vermag. Dieser Fall liegt bei der angeborenen Immunität selten vor; in ausgeprägtem Maasse zeigen bei gewissen Tetanus-empfindlichen Thieren Hirn und Rückenmark vorhandenes Antitoxin, so dass mit einer Emulsion dieser Organe Tetanusgift neutralisirt werden kann. Die natürlich erworbene Gift-Immunität und die absichtliche Immunisirung ist dagegen ausschliesslich auf Antitoxinbildung zurückzuführen.

Natürlich erworbene Giftimmunität tritt zu Tage nach dem Ueberstehen einer auf Toxinwirkung beruhenden parasitären Krankheit, z. B. der Diphtherie oder des Tetanus. In der Rekonvalescenz beobachtet man hier im Blutserum einen gesteigerten Gehalt von Antitoxin gegenüber dem betreffenden Toxin. Hier sind offenbar durch das in den Organismus einverleibte Toxin Receptoren gebunden und abgestossen; die Zellen haben aber mit Ueberproduktion neuer Receptoren reagirt; freie solche Receptoren cirkuliren in Folge dessen im Blute und bewirken so dessen höheren Antitoxingehalt. — Das frei cirkulirende Antitoxin scheint indess nicht lange haltbar zu sein; nach Wochen oder höchstens Monaten findet man starke Abnahme des Antitoxingehalts.

Nach dieser Erfahrung ist das Vorgehen bei der künstlichen Immunisirung klar vorgezeichnet. Zwar wird es sich nicht empfehlen, beim Menschen direct Toxin zu injiciren; die Dosis würde Angesichts der sehr verschiedenen individuellen Empfänglichkeit viel zu schwer zu bemessen sein. Man verzichtet vielmehr besser ganz darauf, dass der Mensch selbst aktiv das Antitoxin herstellt, sondern man injicirt das Toxin Thieren und wartet bei diesen die Bildung von cirkulirendem Antitoxin ab, unter fortgesetzter Controle des Antitoxingehalts des Blutes im Reagenzglas. Ist Antitoxin nachweisbar, so injicirt man eine gesteigerte Toxindosis, auf die hin der Körper mit weiter verstärkter Antitoxinbildung reagirt. Durch allmähliche Steigerung der Toxindosen wird es so gelingen, ein an Antitoxin sehr hochwerthiges Serum zu erhalten. (Auch die Milch säugender immunisirter Thiere kann grosse Mengen Antitoxin enthalten.)

Solches thierisches Serum mit künstlich vermehrtem cirkulirendem Antitoxin ist dann Menschen zu injiciren, die von dem betreffenden Toxin bedroht oder befallen sind. Diese Art der Immunisirung muss für den Körper der schonendste Eingriff sein. Der Körper wird dabei gar nicht aktiv, er verhält sich völlig passiv; das in ihn eingebrachte vollkommen fertige Antitoxin fängt das Toxin ab und macht es unschädlich. (Siehe unten: passive Immunisirung.)

Von grosser Bedeutung ist die Auswahl der für die aktive Giftimmunisirung bestimmten Versuchsthiere. Die Affinität zwischen den Receptoren verschiedener Thierspecies und dem Gift ist offenbar sehr ungleich. Man wird, um ein Antitoxin mit möglichst gesteigerter Affinität zum Toxin zu bekommen, das vielleicht sogar im Stande ist bereits bestehende Verankerungen an menschlichen Zellen zu lösen, Thiere wählen müssen, die für das Toxin ganz besonders empfänglich sind. (Bei Diphtherie Pferde, Affen.)

Zu beachten ist ferner, dass die Bakterientoxine meistens noch nicht in reinem Zustand isolirt erhalten werden können, sondern oft theilweise verändert sind oder Gemenge mehrerer Gifte repräsentiren. So können sich Toxoide bilden, die ebenfalls Antitoxin absorbiren, ohne dass sie selbst Giftwirkung haben, so dass dadurch die Bindungsverhältnisse zwischen Antitoxin und wirksamem Toxin verschoben werden. Ausserdem finden sich z. B. in Diphtheriekulturen Toxone, Gifte, welche gegenüber den Receptoren des Diphtherietoxins indifferent sind und die dementsprecheud von der Antitoxinwirkung nicht berührt werden. Toxone der Diphtheriebacillen scheinen die spät auftretenden Lähmungen zu veranlassen, die bei der Behandlung von Diphtheriekranken mit Behring'schen Antitoxin offenbar gar nicht beeinflusst werden können.

Ein Einverleiben fertigen Antitoxins kann nur gegen das Gift helfen, das noch nicht zu fest verankert ist oder dessen Verankerung durch stärkere Affinitäten des Antitoxins wieder gelöst werden kann. Namentlich vom Tetanusgift weiss man, dass es verhältnissmässig früh an Receptoren des Centralnervensystems gebunden wird, und dass es daher schon in einer relativ frühen Periode der Krankheit nicht mehr gelingt, den Kranken zu retten.

Agglutinine und Präcipitine.

Durch Zusatz von Blutserum zu Bakterienaufschwemmungen, zu Erythrocyten oder zu gewissen eiweisshaltigen Flüssigkeiten sehen wir häufig eine Art von Gerinnung eintreten; Zusammenballung und Häufchenbildung der zelligen Elemente (Agglutinirung), Trübung und Niederschlagsbildung bei Eiweisslösungen (Präcipitine, Coaguline).

Nach Ehrlich's Vorstellung sind an dieser Blutwirkung Receptoren zweiter Ordnung betheiligt, d. h. solche, welche neben der Haftgruppe noch einen seitlichen Arm tragen, der in eine fermentartig wirkende (zymophore, also z. B. Gerinnung verursachende) Atomgruppe ausläuft. Werden geeignete Substanzen an diese Receptoren gefesselt, so tritt das Ferment in Aktion und führt die an die Seitenkette fixirte Substanz in die geronnene Modifikation über. Auch hier kommt es beim

Ersatz gesättigter Receptoren leicht zu solcher Ueberproduktion, dass ungesättigte Receptoren abgestossen werden und frei im Blut cirkuliren. Diese Receptoren, die also aus einer Haftgruppe und der angelagerten zymophoren Gruppe bestehen, sind dann die in dem betreffenden Blut vorräthigen Agglutinine bezw. Präcipitine. Sie vermögen sich an die Receptoren der Bakterienzellen, der Erythrocyten oder gewisser Eiweisskörper anzulagern und so bei diesen die Gerinnung zu bewirken.

Dass die zymophore Gruppe fest angelagert ist und nicht etwa aus einem besonderen mittelst einer zweiten haptophoren Gruppe angelagerten Molekül besteht, das geht aus Versuchen hervor, bei denen man (z. B. durch Hitze) die Agglutinine wirkungslos macht. Hier müsste man erwarten, dass die der toxophoren Gruppe analoge zymophore Gruppe zuerst und allein geschädigt wird; und dass nach dem Erhitzen ein Hinzufügen neuer zymophorer Moleküle das Agglutinin wieder reaktivirt. Eine derartige Reaktivirung konnte indess von Ehrlich nicht beobachtet werden. — Neuere Untersuchungen scheinen indess dafür zu sprechen, dass doch eine Trennung in einen wirksamen und einem nur anlagerungsfähigen Antheil erfolgen kann; damit würden die Agglutinine den Receptoren dritter Ordnung analog aufgebaut und diesen anzureihen sein. — Auch die Eiweissnatur der fällbaren Substanz ist neuerdings zweifelhaft geworden.



Fig. 172.
Entstehung der Agglutine und Präcipitine.

Die Agglutinine sind relativ widerstandsfähige Substanzen; sie werden durch Erhitzen auf 60° noch nicht wirkungslos. Ueber ihre Bildungsstätte ist nichts Sicheres bekannt.

Eine Agglutination von Bakterien durch Serum ist bisher beobachtet bei Typhusbacillen, Cholera (Gruber, Widal), Pest-, Pneumonie-, Rekurrenserregern; neuerdings bei Tuberkelbacillen; ferner bei Coli- und Proteusbacillen. Die Erscheinungen, die dabei auftreten, sind

Seite 63 für die Typhusbacillen beschrieben; über die Art, wie die Untersuchung anzustellen ist, siehe im Anhang.

Agglutinirendes Serum findet man bei vielen normalen Individuen, jedoch in relativ geringem Grade. Viel höhere Agglutininwerthe erhält man bei Menschen, welche eine parasitäre Krankheit überstanden haben; und besonders bei Menschen oder Thieren, die künstlich durch Einverleibung lebender abgeschwächter oder abgetödteter Parasiten immunisirt sind. Hochgradige agglutinirende Wirkung erstreckt sich in specifischer Weise nur auf die eine Art von Parasiten, welche auf den Organismus eingewirkt und die vermehrte Bildung von Agglutininen veranlasst hatte; bei niederen Agglutinationsgraden tritt der specifische Charakter der Reaktion mehr zurück.

Die Immunität gegen parasitäre Krankheiten scheint von dem Agglutiningehalt des Blutes nicht abzuhängen. Thiere mit angeborener Immunität zeigen manchmal ausgesprochene Agglutination gegenüber den betreffenden Erregern (Pferdeblut und Tetanusbacillen). Auch bei erworbener oder künstlich hervorgerufener Immunität geht diese der Agglutininwirkung des Blutes meist nicht parallel; Beobachtungen wie die, dass in der Typhusrekonvalescenz bei stetig steigendem Agglutiningehalt Recidive der Krankheit vorkommen, stellen jede Beziehung zwischen Agglutination und Immunität in Frage. Nur nach Injektion von steigenden Dosen abgetödteter und lebender Tuberkelbacillen bei Versuchsthieren hat Koch neuerdings einen Parallelismus zwischen der Agglutination des Blutes gegenüber Aufschwemmungen von sehr fein verriebenen Tuberkelbacillen und dem Immunitätsgrade beobachtet. — Im Allgemeinen müssen wir nach dem bis jetzt vorliegenden Material die Agglutination als eine vom eigentlichen Immunisirungsvorgang unabhängige und diesen nur oft begleitende Erscheinung auffassen.

Ausser Agglutininen für Bakterien existiren im Serum vielfach Agglutinine, welche die Erythrocyten anderer Thierspecies zum Zusammenballen bringen. Ein Serum kann verschiedene solche Agglutinine enthalten; normales Ziegenserum z. B. agglutinirt die Erythrocyten des Menschen, der Taube etc. Wird Ziegenserum mit Tauben-Erythrocyten so zu sagen gesättigt, so behält es trotzdem die agglutinirende Wirkung gegenüber Menschenblut. Bildung neuer specifischer Agglutinine und Steigerung der vorhandenen ist auch hier in hohem Maasse möglich durch Behandlung der Thiere mit Injektionen fremder Blutarten. Dabei treten gleichzeitig die unten beschriebenen Hämolysine auf; letztere sind aber hitzeempfindlicher und durch Hitze von 55° lassen sich daher die Agglutinine von den Hämolysinen trennen.

Die Reaktionsfähigkeit des thierischen Organismus gegenüber einverleibten fremden thierischen Materials geht dann noch weiter und erstreckt sich auch auf gewisse thierische eiweisshaltige (?) Flüssigkeiten. Nach Injektion von Kuhmilch treten im Serum Stoffe auf, welche das Kaseïn der Kuhmilch ausfällen, nicht aber das von Ziegen und Frauenmilch, und umgekehrt nach Injektion

von Ziegenmilch nur specifische Coaguline für diese. Fremdes Blutserum ruft die Bildung von Präcipitinen hervor, welche specifisch in diesem Serum Trübung und Niederschlag hervorrufen.

Durch Vorbehandlung von Kaninchen mit Injektionen von Menschenblut hat man ein Serum erzielt, das noch in grössten Verdünnungen von Menschenblut Trübung hervorruft, während andere Blutarten (mit Ausnahme des Affenbluts) klar bleiben bezw. erst bei viel stärkeren Concentrationen Trübungen aufweisen (feinste Reaktion zum Nachweis von Menschenblut nach Wassermann, Uhlenhuth). Muskelextrakt von Pferdefleisch, Kaninchen wiederholt injicirt, giebt ein Serum, das zum Nachweis von Pferdefleisch geeignet ist (s. S. 305).

Man darf wohl annehmen, dass allen diesen Reaktionseinrichtungen des Körpers bis zu einem gewissen Grade die Bedeutung von Schutzvorkehrungen gegen fremde in den Körper eindringende Zellen und Stoffe zukommt. Aber die endgültige und wesentliche Wirkung gegenüber lebenden Zellen kommt anscheinend nicht den Agglutininen, sondern den Cytolysinen zu.

Cytolysine (Bakteriolysine, Hämolysine u. s. w.).

Die Hauptfunktionen im Zellleben des Körpers fallen offenbar den Receptoren dritter Ordnung zu. Ihnen kommt die Fähigkeit zu, einerseits hochmolekulare Eiweissstoffe und andererseits im Blut kreisende Fermente an die Zelle zu fesseln und dadurch jene Moleküle zu zerlegen und assimilirbar zu machen. Die Receptoren müssen zu diesem Zweck mit zwei haptophoren Gruppen ausgestattet sein; die eine passt in eine haptophore Gruppe des Eiweissmoleküls oder der Bakterienzelle oder der Erythrocyten; die andere passt zur haptophoren Gruppe des Ferments. Von letzterem müssen wir annehmen, dass es den Toxinen ähnlich gebaut ist; es besitzt ausser der haptophoren eine zymophore Gruppe. Diese frei cirkulirenden, gelegentlich von den Receptoren dritter Ordnung abgefangenen und gefesselten Fermente bezeichnet Ehrlich als Complemente. Sie wirken vorzugsweise lytisch, auflösend, ähnlich peptonisirenden Enzymen. Wahrscheinlich sind in jedem normalen Blut verschiedene solche Complemente enthalten. — Bei mässiger Hitze zerfallen sie wie die Toxine und es bleibt nur ihre haptophore Gruppe übrig, die als „Complementoid“ bezeichnet wird. — Als ihre Bildungsstätten sind experimentell die Leukocyten ermittelt, ausserdem die an der Blutbildung betheiligten Organe, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark.

Gelangen Bakterienzellen ins Blut, die an die eine haptophore Gruppe des Receptors verankert werden können, so führt die zweite haptophore (complementophile) Gruppe das geschilderte Complement heran und die Bakterienzelle wird in Folge dessen aufgelöst. Der gesättigte

Receptor wird nun abgestossen, im Ueberschuss reproducirt und schliesslich cirkuliren im Blut freie Receptoren dritter Ordnung, d. h. Receptoren mit zwei haptophoren Gruppen. Diesen hat Ehrlich die Bezeichnung „Amboceptor“ beigelegt. Sie können im Blut kreisend an ihrer einen Haftstelle Complemente aufnehmen oder schon aufgenommen haben und so bereit sein, dieses an geeignetes Material heranzubringen. Das Complement allein ist wirkungslos, weil seine haptophore Gruppe zwar in den Amboceptor, aber nicht direct in die haptophore Gruppe des Eiweissmoleküls bezw. der Bakterienzelle passt. Die Amboceptoren

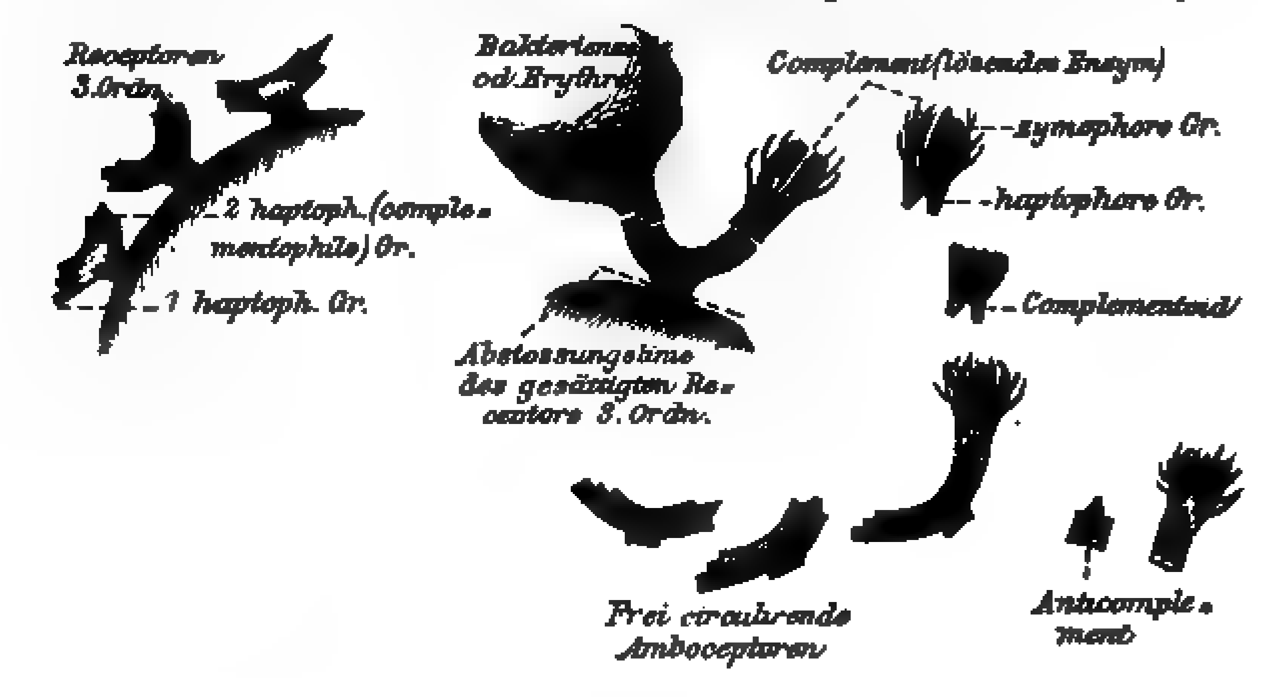


Fig. 178.
Entstehung der Cytolysine.

spielen daher eine ungemein wichtige Vermittlerrolle für die Wirkung des Complements. Sie werden durch eine grosse Verschiedenheit ihrer freien haptophoren Gruppe ausgezeichnet sein und dadurch den Körper in Stand setzen, sehr verschiedene Moleküle mit dem gleichen Complement zu verketten.

Aus dieser Vorstellung heraus lassen sich folgende fundamentale Beobachtungen über die Wirkung des Blutserums auf Bakterienzellen erklären:

1) Das dem normalen, nicht vorbehandelten Thier entnommene Blutserum zeigt im Reagensglas energische baktericide Wirkung (Nuttall, Buchner). Das baktericide Vermögen des gleichen Serums erstreckt sich nicht gleichmässig auf alle Bakterien; die eine Art wird vielmehr ausgiebig, andere werden wenig, wieder andere gar nicht abgetödtet. Auch das Serum verschiedener Thierspecies verhält sich ungleich. — Erwärmt man wirksames Serum kurze Zeit auf 55°, so verschwindet die baktericide Fähigkeit und das Serum wird zum guten

Nährsubstrat für dieselben Bakterien, die vor dem Erhitzen im Serum zu Grunde gingen.

Buchner bezeichnete die Stoffe des Serums, die in dieser Weise wirksam sind, als Alexine. Wir fassen dieselben jetzt auf als frei cirkulirende, durch geeignete Amboceptoren zur Wirkung befähigte Complemente, die z. B. als Verdauungsfermente des intermediären Stoffwechsels stets in grösserer Zahl vorhanden sein müssen. Die Zellmoleküle vieler Bakterien passen in die Amboceptoren und fallen dadurch der Auflösung anheim.

Die Alexine betrachtet man als eine wesentliche Ursache der angeborenen Immunität. In der That sehen wir oft die baktericide Wirkung des Serums gegenüber einer Bakterienart parallel gehen mit der Unempfänglichkeit der betr. Thierspecies. Nicht selten fehlt indess dieser Parallelismus. Diese Abweichungen sind aber insofern unerheblich, als offenbar nicht der momentane Gehalt des Blutes an Alexinen, der im Reagensglas zur Wirkung gelangt, für die Immunität von Bedeutung ist, sondern die Schnelligkeit, mit der im Bedarfsfall Alexine mobil gemacht werden können. Zweifellos wird ein Körper, der wenig Alexine im Blute hat, doch über reichliche Bildungsstätten und Depots verfügen können, von denen aus sich der Alexingehalt des Blutes immer rasch wieder ergänzt. — Für manche Krankheiten zeigt sich freilich die künstliche Ausschaltung der Complemente (siehe unten) ohne Wirkung; so dass keineswegs jede angeborene Immunität ausschliesslich auf die Alexine zurückzuführen ist.

2) Ist durch Ueberstehen einer parasitären Krankheit oder durch absichtliche Einbringung bestimmter Krankheitserreger Immunität erworben, so erhält das Serum specifische hochgradig auflösende Wirkung gegenüber der betreffenden Bakterienart. Die Wirkung zeigt sich im Reagenzglas aber nur, wenn das Serum ganz frisch ist; sehr bald erlischt sie; und durch Erwärmen auf 55° wird das Serum sofort inaktiv. Die Wirkung tritt indess wieder hervor, wenn die Mischung von Serum und Bakterien in die Bauchhöhle normaler Meerschweinchen eingebracht wird. (Pfeiffer'scher Versuch, siehe Seite 77 und im „Anhang".) Ferner kann sie auch im Reagenzglas wieder auftreten, wenn man dem inaktiven Serum etwas Peritonealexsudat oder Blutserum eines normalen Meerschweinchens zusetzt.

Auch dieses früher schwer erklärliche Verhalten wird ohne Weiteres verständlich, wenn wir annehmen, dass durch die Immunisirung die einseitige Vermehrung solcher Amboceptoren stattgefunden hat, welche specifische Affinität zu den betreffenden Bakterienzellen besitzen. Die „Amboceptoren" oder „specifischen Immunkörper" haben auch

hier die Funktion, das nichtspecifische Complement an die Bakterienzellen heranzubringen. Die Complemente sind aber — wie schon hervorgehoben — sehr wenig widerstandsfähig; in älterem oder erwärmten Serum fehlt es daher an wirksamem Complement, während die specifischen Amboceptoren erhalten sind. In der Bauchhöhle des Meerschweinchens, im frisch entnommenen Peritonealexsudat und im normalen Blut sind stets Complemente vorhanden; sobald daher diese zugefügt werden, vermag die specifische Bakterienauflösung wieder vor sich zu gehen, das Immunserum ist reaktivirt.

Auftreten specifischer Bakteriolysine beobachtet man bei erworbener Immunisirung gegen Cholera, Typhus, Pest, B. coli, B. pyocyaneus. Es ist nicht zu bezweifeln, dass in diesen Fällen der Lysingehalt des Blutes die wesentliche Ursache der Immunität ausmacht.

Allerdings hat man sowohl gegen die lytischen Wirkungen des normalen wie des Immunserums eingewendet (Baumgarten), dass das Absterben der Bakterien im Serum nur durch Plasmolyse zu Stande komme, die eine Folge der Uebertragung in chemisch differentes Substrat sei; und dass aus den Beobachtungen im Reagenzglas nicht auf die Vorgänge im lebenden Thier geschlossen werden dürfe. Indess lässt sich zeigen (Wassermann), dass im lebenden immunisirten Thier die Ausschaltung des Immunkörpers oder des Complements möglich ist, und dass dann in entsprechendem Maasse die Resistenz gegen Infektionen absinkt. Eine solche Ausschaltung ist durch Antiimmunkörper möglich, die man erhält, wenn man ein Thier mit Immunkörpern oder Complementen vorbehandelt. In letzterem Falle injicirt man z. B. ganz frisches normales Blutserum, das reichlich Complement, oder nach vorsichtigem Erwärmen wenigstens noch Complementoide enthält; es wird dadurch die Bildung von Receptoren (bezw. Amboceptoren) veranlasst, die besonders starke Affinität zum Complement haben und dasselbe binden, als Anticomplement (s. Fig. 173) darstellen. Wird Blut mit Anticomplement Thieren injicirt, dann wird das vorhandene Complement gebunden, und gleichzeitig bleibt die Immunität aus, abschon genügend Immunkörper (Amboceptoren) vorhanden sind. — Das Complement wird übrigens sehr rasch im Körper regenerirt.

Die z. B. bei Typhus beobachtete lange Dauer der specifischen Immunität scheint auf der grossen Haltbarkeit der specifischen Amboceptoren zu beruhen, die viel resistenter sind als die Complemente und auch einer raschen Ausscheidung offenbar nicht unterliegen.

Eine Verwendung der baktericiden Eigenschaften des Blutes zur Schutzimpfung lässt sich — wie bei den Antitoxinen — entweder durch aktive oder durch passive Immunisirung erreichen. Bei der aktiven werden die abgeschwächten oder abgetödteten Erreger einverleibt und der Geimpfte bildet selbst die specifischen Amboceptoren (Typhus, Cholera, Pest). Zur passiven Immunisirung werden eventuell Thiere zu benutzen sein, welche hoch aktiv immunisirt sind, und denen das an Amboceptoren reiche Blut entzogen und zur Injection bei dem zu schützenden Menschen

verwendet wird. Entgegengesetzt den Erfahrungen mit den Antitoxinen liegt hier aber die Sache so, dass die aktive Immunisirung relativ leicht und sicher gelingt und vielfache Variationen gestattet. Passive Immunisirung durch baktericides Immunserum ist dagegen schwierig, weil der Gehalt des Blutes an Antikörpern nicht so hoch getrieben werden kann, wie es bei den Antitoxinen möglich ist. Ausserdem ist der Vorgang complicirter durch die nothwendige Mitwirkung der Complemente. Es ist z. B. beobachtet, dass ein Immunserum bei der einen Thierspecies kräftig wirkt, bei anderen aber wirkungslos bleibt, weil diesen das erforderliche Complement fehlt.

Das Blutserum vermag ausser gegenüber den Bakterien noch gegenüber anderen Zellen lytische Wirkungen zu äussern, schon in normalem Zustand, viel hochgradiger aber, wenn es durch Einverleibung solcher Zellen vorbehandelt ist. Besonders gut zum Studium dieser Vorgänge eignen sich die rothen Blutkörperchen. Injicirt man einem Thier Erythrocyten einer anderen Thierspecies, so bilden sich Heterolysine, gegen Blutkörper derselben Thierspecies Isolysine, welche im Reagenzglas die Erythrocyten auflösen und das Blut lackfarben machen. Eine Auflösung der eigenen Blutkörper durch Autolysine kommt normaler Weise nicht, sondern nur unter pathologischen Verhältnissen zu Stande. Die Bildung der Immunkörper, die Ausschaltung des Complements, die Reaktivirung durch Zufügen neuen Complements lassen sich hier genau so und meist deutlicher beobachten, wie bei den Bakteriolysinen. — Ferner erhält man durch Injektion von Leukocyten ein Leukolysin; durch Injektion von fremden Spermatozoën ein Heterospermatolysin, das die fremden Spermatozoën sofort zum Stillstand bringt und schliesslich auflöst, während es gegen die von derselben Species stammenden Spermatozoën unwirksam ist; durch Injektion von Spermatozoën von derselben Art entsteht dagegen ein specifisches Isospermatolysin. Auch durch Einverleibung bestimmter Parenchymzellen können Nephrolysin, Neurolysin u. s. w. gebildet werden. — Injicirt man Cytolysine einem andern Thier, so bilden sich in diesem Anticytolysine, aus Antizwischenkörper und Anticomplement bestehend.

Nach neueren Untersuchungen von Emmerich und Löw handelt es sich bei der Auflösung der Bakterien durch Immunsera um Enzyme, die nicht nur vom Thierkörper, sondern auch von den Bakterien selbst gebildet werden. So vermag z. B. die aus Cultur des Bac. pyocyaneus extrahirbare Pyocyanase Pyocyaneusbacillen und andere Bakterien energisch aufzulösen. Unter den anaëroben Verhältnissen im Innern des Körpers scheint diese Wirkung stärker hervorzutreten. Jedoch ist die Pyocyanase im Körper wenig haltbar; besser dagegen ein Pyocyanase-Immunproteïdin, welches zur Immunisirung verwendbar war. Die Verfolgung dieser Untersuchungen wird vermuthlich zu weiteren interessanten Ergebnissen führen.

Nicht jede erworbene Immunität werden wir auf die Anwesenheit specifischer Amboceptoren zurückführen dürfen; z. B. nach der Pocken- und Hundswuth-Schutzimpfung werden specifische Immunkörper im Serum wenig oder gar nicht gefunden. Vielleicht läuft bei diesen

Krankheiten der Immunisirungsprocess vorzugsweise im Gewebe bestimmter **Organe** ab (vergl. die histogene Immunität gegen **Toxine** bei Tetanus).

B. Die absichtliche Herstellung der Immunität und die Schutzimpfungen.

1. Erhöhung der allgemeinen Resistenz gegen parasitäre Krankheiten.

Man kann zunächst versuchen, die Empfänglichkeit gegenüber den verschiedensten Infektionskrankheiten dadurch zu schwächen und die Resistenz des Körpers zu stärken, dass man die nicht specifischen inneren Schutzeinrichtungen, Phagocyten und Alexine vermehrt und möglichst funktionsfähig macht.

In der That sind in dieser Beziehung experimentell verschiedene Ergebnisse ermittelt, die eine gewisse praktische Verwertung gestatten. Positive Resultate bezüglich der Resistenzvermehrung hat man bei Versuchsthieren namentlich durch die verschiedensten Mittel erzielt, welche stärkere Leukocytose hervorrufen. Injektion von Hefenuklein, Pilokarpin, Zimmtsäure; oder Injektion von lebenden oder abgetödteten mehr saprophytischen Bakterien (B. prodigiosus, coli, pyocyaneus u. s. w.); oder auch künstliche Herstellung von örtlicher Hyperämie, sei es durch äussere Applikation von Alkohol, sei es durch Umschnüren u. s. w. bewirken erschwerte oder verlangsamte Infektion, anscheinend vorzugsweise in Folge der erhöhten Thätigkeit der Leukocyten. Theils wirken dieselben als Phagocyten und durch ihre örtliche Häufung, theils liefern sie Complement. — Auch ein kurzdauernder Schutz gegen Cholera konnte z. B. durch Injektion von normalem Blutserum, Harn, Bouillon u. s. w. in die Bauchhöhle von Meerschweinchen bei diesen ausgelöst werden. Hier greift theils die Leukocytose ein, theils das aktiv erhöhte Zuströmen von Complementen zwecks Verdauung der injicirten Substanzen.

Die Beobachtungen, dass hungernde Thiere empfänglicher werden, dass Ueberanstrengung (Ratten im Tretrad), Störungen der Wärmeregulirung, künstlicher Diabetes, fortgesetzte Dosen von Chloral, Chloroform u. s. w. die Resistenz gegen eine einzelne oder gegen mehrere Infektionskrankheiten herabsetzen, sind sicher in der gleichen Weise zu deuten; die Sensibilität der Phagocyten und die Produktion von Receptoren und Complement nimmt entsprechend ab und in Folge dessen wächst die Empfänglichkeit des Körpers. — In anderen Versuchen hat man eine höhere Alkalescenz des Blutes als förderlich für die Resistenz erkannt; es steht noch nicht fest, welcher der oben genannten direct wirksamen Faktoren hierdurch beeinflusst wird. — Schliesslich wird in manchen Fällen die Versorgung eines einzelnen Organs mit Blut, Leukocyten und Receptoren ausschlaggebend sein für die Disposition

des Körpers, an einer parasitären Krankheit mit bestimmter Wucherungsstätte der Erreger zu erkranken.

Für den praktischen Zweck einer Steigerung der Unempfänglichkeit des Menschen lässt sich aus diesen Beobachtungen nur folgern, dass eine Lebensweise und eine Ernährung, welche normalen Ablauf des Zelllebens in allen Organen ermöglicht und welche speciell die schützende Rolle der Leukocyten und die Fähigkeit der Zellen zur reichlichen Produktion vonReceptoren und Complementen unterstützt, einen gewissen Schutz gegen Infektionen gewähren wird.

Genauere, den in Betracht kommenden Körperfunktionen wirklich angepasste Verhaltungsmaassregeln lassen sich indess zur Zeit nicht aufstellen; man muss sich mit den Lehren der allgemeinen Hygiene begnügen und hoffen, dass unter der grossen Summe von Lebensregeln, welche diese giebt, auch solche sich befinden, welche die Empfänglichkeit für diese oder jene Infektionskrankheit herabsetzen. Selbstverständlich arbeiten wir auf diese Weise immer mit einem grossen, speciell für die Bekämpfung der Infektionskrankheiten belanglosen Ballast von Lehren, die auch von der überwiegenden Mehrzahl der Menschen auf die Dauer gar nicht befolgt werden können, und die noch dazu vielfach auf recht unsicherem Boden stehen. Viel aussichtsvoller ist es daher, gegenüber der einzelnen Infektionskrankheit eine Beeinflussung der specifischen Disposition zu versuchen.

2. Specifische Schutzimpfungen.

A. Active Immunisirung durch Einverleibung der Krankheitserreger oder ihrer wirksamen Bestandtheile.

Der Geimpfte stellt selbst activ die Antikörper her. Dabei zeigen sich Reaktionserscheinungen, die sich bis zu erheblicher Krankheit steigern können. Der Impfschutz tritt erst nach 5—10 Tagen ein; dauert aber Monate bis Jahre.

a) Die älteste Methode der Schutzimpfung bestand in der absichtlichen Ansteckung Gesunder an Personen, welche an einer ansteckenden Krankheit leicht erkrankt waren. — Man stützte sich dabei auf die Erfahrung, dass gegen manche parasitäre Krankheiten durch einmaliges Ueberstehen eine langdauernde Unempfänglichkeit erworben wird. Nicht alle Infektionskrankheiten gewähren diesen Schutz; Pyämie, Gonorrhoe, Malaria, Recurrens, Pneumonie, Diphtherie, Influenza zeigen häufig schon kurze Zeit nach dem Ueberstehen der ersten Erkrankung Recidive; einige hinterlassen sogar in ausgesprochener Weise eine gesteigerte Empfänglichkeit des Körpers. Andere Krankheiten bewirken wohl für einige Zeit Immunität, aber nicht ausnahmslos und nicht gleichartig bei den verschiedenen Thierspecies; so z B. der Milzbrand, der

nachweislich bei Menschen und Pferden recidivirt, während Hammel und Rinder durch einmaliges Ueberstehen der Krankheit für längere Zeit geschützt werden. Cholera bewirkt in der Regel für einige Monate bis Jahre einen Schutz gegen wiederholte Erkrankung. Eine ausgesprochene, lange Zeit andauernde Immunität tritt nach einmaligem Ueberstehen von Pocken, Scharlach, Masern, Flecktyphus und Abdominaltyphus ein.

Von grosser Wichtigkeit war die weitere Erfahrung, dass schwere und leichte Erkrankungen in Bezug auf die dadurch gewährte Immunität häufig gleichwerthig sind. Man beobachtet oft, dass ausserordentlich leicht verlaufende Fälle von Scharlach, Masern, Abdominaltyphus, Cholera einen eben so vollen Schutz gegen die gleiche Krankheit hinterlassen, wie Erkrankungen der schwersten Art. In Folge dessen hat man wiederholt versucht, z. B. in Epidemieen von Masern und Scharlach, welche vorzugsweise aus leichten Fällen bestanden und in welchen also muthmaasslich ein wenig virulentes Contagium die Erkrankungen bewirkte, gesunde Kinder mir den kranken absichtlich in Berührung zu bringen, damit dieselben durch das Ueberstehen der leichten Erkrankung einen Schutz acquirirten gegen etwaige schwere Formen derselben Krankheit.

b) Schutzimpfung durch absichtliche kutane oder subkutane Einimpfung vollvirulenter lebender Krankheitserreger.

Diese Schutzimpfung wurde in grossem Maassstabe im vorigen Jahrhundert ausgeführt in der Form der Variolation gegen die Pocken.

Man hatte die Erfahrung gemacht, dass die Erkrankung bei künstlicher Einimpfung des Pockenvirus in die Haut in der Regel relativ leicht verläuft. Einige Tage nach der Impfung bilden sich an den Impfstellen Pusteln aus, die am 9. Tage den Höhepunkt der Entwicklung erreichen; am 7. und 8. Tage tritt heftiges Fieber ein und am 10. Tage eine allgemeine Eruption von Pusteln, die aber schon vom 12. Tage ab zurückgeht.

Der Erfolg der Variolation war immerhin kein sehr befriedigender; auf 300 Geimpfte entfiel ein Todesfall; die Erkrankung war in zahlreichen Fällen eine schwere; ausserdem trug die Variolation sehr zur Verbreitung der Pocken bei, da die von den Geimpften stammenden Erreger bei Ungeimpften schwere Variola hervorriefen.

Später ist — mit noch weniger günstigem Erfolg — die kutane Einimpfung von Syphiliscontagium (Syphilisation) versucht worden.

Der theilweise günstige Effekt dieser künstlichen Einimpfungen gegenüber der natürlichen Ansteckung erklärt sich dadurch, dass die Krankheitserreger an der gewählten Impfstelle ungünstigere Wucherungsbedingungen finden als auf den für gewöhnlich betroffenen Schleimhäuten, und dass dadurch dem Körper besser Gelegenheit gegeben ist, sich durch Antikörper und durch Leukocytose gegen die Krankheitserreger zu wehren.

Viel besseren und praktisch verwerthbaren Effekt der subkutanen Einimpfung virulenter Erreger hat man bei solchen Bakterien beobachtet, welche subkutan überhaupt nicht wuchern und von da keine Allgemeininfektion des Körpers zu Wege bringen, z. B. bei Cholerabacillen. Unter dem Einfluss dieser Bakterien kommt es dann zur energischen Bildung von specifischen Antikörpern. Die Untersuchung des Blutserums nach solchen Impfungen zeigt, dass sich dasselbe ähnlich verhält wie das Serum von Menschen, welche die betreffende Krankheit überstanden haben. Da aber die gleiche Wirkung auch nach der Einimpfung frisch abgetödteter Culturen jener Erreger beobachtet wurde, hat man in der Praxis gewöhnlich abgetödtetes Material verwendet oder hat wenigstens eine solche Impfung der Verwendung von lebender Cultur vorausgehen lassen. Ueber diese Impfungen s. unten sub d).

Ferner gehört hierher noch die Schutzimpfung gegen Lungenseuche der Rinder durch Inokulation der Erreger am Schwanzende der Thiere. In dem straffen Gewebe dieser Impfstelle sind anscheinend schlechtere Wucherungsbedingungen für den Erreger gegeben, als an anderen Hautstellen; und es kann daher hier zur zeitigen Bildung von Antikörpern kommen. — Andererseits kann bei Rauschbrand durch intravenöse Injektion der Erreger eine ungünstige Beeinflussung der letzteren und eine leichtere Erkrankung erzielt werden, als bei subkutaner Impfung.

c) Schutzimpfung mit künstlich abgeschwächten lebenden Krankheitserregern. Die beschränkten und oft bedenklichen Folgen der Einimpfung vollvirulenter Erreger, und andererseits die Beobachtung, dass auch eine Ansteckung durch schwach wirkende Erreger vollen Schutz gegen nochmalige Erkrankung verleihen kann, musste zu dem Bestreben führen, womöglich abgeschwächte Erreger zu verwenden bezw. künstlich für die Zwecke der Schutzimpfung herzustellen. Eine solche Abschwächung wurde erzielt:

α) Von Pasteur durch begrenzte Einwirkung schädigender Mittel auf die virulenten Krankheitserreger (s. S. 52).

Pasteur's erste Experimente betrafen die Hühnercholera. Zwei Vaccins, von denen der erste stärker, der zweite weniger abgeschwächt ist, werden den Hühnern in einem Zwischenraume von 12—15 Tagen eingeimpft. Die Thiere acquiriren hierdurch eine lokale Affektion, nach deren Ueberstehen sie gegen die Impfung mit virulenten Erregern der Hühnercholera immun sind. — Fernere Präventivimpfungen betrafen den Rauschbrand des Rindviehs, den Milzbrand der Schafe und des Rindviehs, sowie den Schweinerothlauf. Das Verfahren bei diesen Seuchen ist dem vorgeschilderten ähnlich, gewöhnlich werden zwei Vaccins mit einer Pause von ca. 12 Tagen mittelst Injektionsspritzen subkutan injicirt.

Die praktischen Resultate sind bei manchen dieser Schutzimpfungen günstig, bei anderen, so namentlich bei der Schutzimpfung der Schafe gegen Milzbrand, weniger befriedigend. Es kommt hier vor, dass die Thiere schon durch die Impfung schwer erkranken und sterben. Andererseits bewirken zu

schwache Impfstoffe keinen genügenden Schutz. Ferner ist in Betracht zu ziehen, dass der Impfschutz nicht für Lebenszeit andauert und die Impfung daher des Oefteren wiederholt werden muss.

Abweichend ist die von PASTEUR gegen die Hundswuth erfundene Schutzimpfung. Da dieselbe nur bei bereits gebissenen Menschen zur Anwendung gelangt, hat sie im Grunde mehr den Charakter eines Heilverfahrens. Obwohl die Erreger der Hundswuth noch völlig unbekannt sind, ist PASTEUR doch die Herstellung eines abgeschwächten Vaccins der Hundswuth durch allmähliches Austrocknen von Stücken des Rückenmarks wuthkranker Kaninchen gelungen; je länger solche Stücke in Fläschchen mit Kalistücken aufbewahrt und dadurch ausgetrocknet sind, um so stärker ist die Virulenz vermindert. Den Patienten wird zunächst eine Aufschwemmung aus einem stark abgeschwächten Rückenmarkstück in Bouillon subkutan injicirt, allmählich wird zu virulenteren Stücken übergegangen; schliesslich werden vollvirulente Aufschwemmungen vertragen und bei den so Geimpften haben dann auch die Bisse keine Tollwuth im Gefolge. — Der Modus der Impfung ist neuerdings nicht unerheblich geändert, seither scheinen die Resultate der Impfung sehr günstig zu sein und Schädigungen durch das Impfverfahren nicht mehr vorzukommen.

β) Durch Züchtung der Krankheitserreger unter ungünstigen Lebensbedingungen; namentlich fortgesetzte künstliche Cultur auf todtem Substrat, z. B. bei Rotz, Streptokokken, Pneumokokken u. s. w. Dabei kommt entweder eine allmähliche Anpassung an das veränderte Nährsubstrat zu Stande und damit eine Abschwächung der Virulenz, oder es findet eine Art Auslese der weniger virulenten, aber auf dem betreffenden Nährsubstrat besser gedeihenden Erreger statt. — Die Verwendung der in solcher Weise abgeschwächten Erreger zu Schutzimpfungen ist z. B. derart, dass sie als Vorläufer einer Impfung mit virulentem Material benutzt werden (Cholera).

Oder durch den Durchgang virulenter Krankheitserreger durch wenig empfängliche Thiere. Die Bacillen des Schweinerothlaufs tödten z. B. Kaninchen nur ausnahmsweise und nach grossen Dosen; nach einigen Passagen durch Kaninchen, bei denen die Erreger für diese virulenter werden, rufen sie beim Schwein nur leichte, aber immunisirende Erkrankung hervor. Die mannigfaltigsten Abstufungen der Virulenz lassen sich oft für einen Krankheitserreger durch dessen Züchtung in verschiedenen Thieren gewinnen. — Hierher gehört vor Allem auch die Schutzimpfung bei Pocken durch den Pustelinhalt von Kuhpocken. Zu wiederholten Malen ist in neuerer Zeit experimentell der Nachweis geführt, dass das Contagium der Menschenpocken, auf Kälber übertragen, bei diesen typische Kuhpocken hervorruft, deren Rückübertragung auf den Menschen nur lokale Impfpusteln bewirkt, aber Schutz gegen das Pockencontagium verleiht. Näheres s. im speciellen Theil unter „Variola". — Hierher gehört ferner BEHRING's Immunisirung von Rindern gegen Tuberkulose; dieselben werden zunächst mit einer stark (aber

nicht völlig) abgeschwächten Cultur von Tuberkelbacillen in geringer, nicht wirksamer Dosis injicirt; darauf wird letztere gesteigert; später wird virulentere Cultur verwendet.

d) Schutzimpfung durch abgetödtete Krankheitserreger.

α) Gegen Cholera asiatica hat Haffkine in Indien in grossem Maassstabe subkutane Schutzimpfungen mit Choleracultur ausgeführt, nachdem früher schon Ferran solche Impfungen nach einem ähnlichen, aber weniger sicheren Verfahren vorgenommen hatte. Pfeiffer und Kolle haben durch exakte Versuche an Menschen und Thieren die nöthigen wissenschaftlichen Unterlagen für diese Impfungen gewonnen.

Haffkine injicirte subkutan zunächst $^1/_{12}$ bis $^1/_8$ frischer Agarcultur von einem Choleravibrio, der durch fortgesetzte Uebertragung von Cultur zu Cultur seine Virulenz eingebüsst hatte, oder $^1/_{12}$ Cultur abgetödtete Vibrionen; nach 5 Tagen $^1/_{12}$ Cultur lebende virulente Vibrionen, nach abermals 5 Tagen $^1/_8$ Cultur der letzteren.

Pfeiffer und Kolle zeigten durch fortgesetzte Prüfung des Serums, dass eine einzige Injektion vollkommen genügt; ferner dass die Verwendung lebender Cultur nicht mehr leistet wie die abgetödteter. Am besten erfolgt daher die Impfung mit $^1/_{10}$ Agarcultur (2 mgr frische Culturmasse in 1 ccm Aufschwemmung), die vor der Injektion durch Erwärmen auf 56° während einer Stunde oder durch Chloroformdämpfe abgetödtet wird. Nach der Injektion stellt sich lokal eine mässige Infiltration mit grosser Schmerzhaftigkeit bei Druck und bei Bewegungen her, daneben zeigt sich Temperatursteigerung bis 39°, Frost, Mattigkeit und Appetitmangel. Nach 2—3 Tagen ist die Reaktion abgelaufen. Vom 5. Tage ab beginnt die eintretende Immunität sich durch die stärkere specifisch bakterienlösende Kraft des Serums zu dokumentiren; am 20. Tage ist sie auf dem Höhepunkt; manchmal ist sie noch nach Jahresfrist deutlich erhalten.

Haffkine's ausserordentlich zahlreiche Beobachtungen während des Herrschens von Choleraepidemieen lassen keinen Zweifel daran aufkommen, dass auch die natürliche Infektion durch diese Art der Immunisirung wirksam bekämpft wird.

β) In ähnlicher Weise ist Pfeiffer und Kolle die Immunisirung gegen Abdominaltyphus gelungen. 2 mgr frischer Cultur in 1 ccm Aufschwemmung werden durch mehrstündiges Erwärmen auf 56° sterilisirt und unter die Rückenhaut gesunder Menschen injicirt; es treten geringe lokale Reaktionserscheinungen und daneben Frösteln, Schwindel und Fieber bis 38·5° auf. Schon nach 6 Tagen zeigt das Serum der Geimpften specifische Agglutinirung und Bakterienauflösung in solchem Maasse, wie sie sonst nur bei Typhusreconvalescenten vorkommt.

Bei Versuchsthieren lässt sich eine ausserordentliche Häufung der specifischen Antikörper der Cholera- und Typhusbacillen durch Behandlung mit allmählich gesteigerten Dosen Cultur bewirken (Pfeiffer, vgl. S. 603). Am besten eignen sich Meerschweinchen und Ziegen. Das Serum solcher Thiere zeigt hochgradige specifisch baktericide und bakterienlösende Kraft. Um dieselbe genauer zu bestimmen, werden abgestufte Serummengen, durch Zusatz von Bouillon stets auf 1 ccm gebracht, mit der 10fachen Menge der tödtlichen Minimaldosis Cultur (dos. letalis minima gewöhnlich = $^1/_{10}$ Oese) gemischt und Meerschweinchen von ca. 200 gr Gewicht intraperitoneal injicirt. Durch wiederholt entnommene Proben wird der Verlauf der Auflösung der Bakterien beobachtet, namentlich aber der Tod oder die Genesung der Thiere abgewartet. Während normales Serum den Titre 0.1 bis 0.5 hat (d. h. von solchemSerum sind 0.1 bis 0.5 ccm nöthig, um unter den angegebenen Verhältnissen den Tod des Thieres durch die 10fache tödtliche Dosis gerade noch zu verhindern), kann für das Serum von immunisirten Ziegen ein Titre von 0.0002 und weniger erreicht werden.

γ) Gegen Pest führte Haffkine in Indien eine Schutzimpfung in der Weise aus, dass er 4 Wochen alte Culturen der Pestbacillen in Butterbouillon eine Stunde auf 70° erhitzte, und von der dadurch abgetödteten Cultur $^1/_2$—3 ccm injicirte; nach 8 Tagen erfolgte womöglich eine zweite Injektion. Die danach eintretenden örtlichen und allgemeinen Erscheinungen waren meist geringfügig. Nach 7 Tagen ist der Impfschutz ausgebildet; seine Dauer beträgt 7 Monate und mehr. — Die statistischen Nachrichten über die Erfolge der Impfung in Indien ergeben etwas unsichere Wirkung. Durch eine von der deutschen Pestkommission ausprobirte bessere Herstellung des Vaccins und strengere Controle gestaltet sich das Ergebniss der Impfung günstiger. Da die immunisirende Substanz an die Leiber der Pestbacillen gebunden ist, werden nicht Bouillon- sondern Agarculturen benutzt; diese werden in Kochsalzlösung 1 Stunde auf 65° erhitzt; dann folgt ein Zusatz von $^1/_2$ Procent Phenol. Von diesem Präparat wird so viel injicirt, wie $^1/_2$—1 Agarcultur entspricht.

Eine künstliche Steigerung der aktiven Immunisirung, so dass schliesslich das Blutserum erheblichere Mengen specifischer Antikörper enthält, lässt sich bei Pferden erreichen, jedoch nur in sehr langem Zeitraume und unter schliesslicher Verwendung lebender Culturen (Yersin).

e) Schutzimpfung durch Bakterienextrakte.

Die in den vorigen Verfahren specifisch wirksamen Stoffe der Bakterienzelle lassen sich theilweise aus den Bakterienleibern der Culturen extrahiren und durch Filtration von jenen trennen. Mit den so erhaltenen

Bakterienproteïnen sind gegenüber den Erregern der Tuberculose, der Pest, der Hühnercholera, Pneumokokken, Proteusarten, Pyocyaneus, in sehr grossen Dosen auch bei Milzbrand, Erfolge erzielt, die indess, so weit die Immunisirung in Frage kommt, an Stetigkeit zu wünschen übrig lassen, während therapeutisch bessere Resultate erzielt werden. Bei manchen Bakterien scheint die Abtrennung der wirksamen Stoffe aus der Leibessubstanz im unveränderten Zustande gar nicht oder nur unter Anwendung besonderer Hülfsmittel, z. B. Auspressen unter sehr hohem Druck, zu gelingen.

Als Beispiele derartiger Bakterienextrakte seien angeführt das Tuberkulin (Koch) und das Malleïn. — Das ursprüngliche Tuberkulin ist durch Ausfällung eingedampfter Glycerin-Bouillonculturen mit Alkohol gewonnen. Das neue Präparat wird durch Verreiben der trockenen Culturen gewonnen, die in Wasser vertheilt und centrifugirt werden. Die obere Schicht *TO* ist dem alten Tuberkulin ähnlich; die zurückbleibende Masse *TR* bildet die Grundlage des neuen Präparats. Nach der Buchner'schen Methode (Zumischen von Infusorienerde und feinem Quarzsand zur feuchten Pilzmasse und Auspressen bei 4—500 Atm.) wird aus frischen Culturen ein Tuberculoplasmin gewonnen. — Malleïn wird erhalten durch Eindampfen und Filtriren von Culturen von Rotzbacillen in Glycerinbouillon. Unsichere Wirkung. — Lustig und Galeotti haben Pestculturen mit Kalilauge extrahirt, mit Säure gefällt, und den Niederschlag im Vakuum getrocknet. Der so erhaltene Impfstoff scheint vor dem oben beschriebenen Pestvaccin keine wesentlichen Vortheile vorauszuhaben. — Bei Cholera und Typhus liessen sich wirksame Plasmine nach dem Buchner'schen Verfahren herstellen.

f) Schutzimpfung durch lösliche Stoffwechselprodukte, welche die Bakterien während ihrer Wucherung in die Cultursubstrate übertreten lassen, gelingt praktisch vorzugsweise bei denjenigen Krankheitserregern, die durch Toxine wirken. Insbesondere können in dieser Weise Thiere gegen Diphtherie und Tetanus immunisirt werden (Behring). Bei Diphtherie verfährt man so, dass man eine grössere Menge Bouillon cultur herstellt; nach 4 Wochen werden die Bacillen durch Carbol oder Tricresol abgetödtet, und nun injicirt man von dieser Flüssigkeit empfänglichen Thieren (Meerschweinchen, Hammeln, Pferden) zunächst sehr kleine Mengen; nach einigen Tagen erhöht man die Dosis und fährt so fort, bis die sonst sicher tödtliche Dosis anstandslos ertragen wird. — Bei Tetanus werden Pferden Bouillonculturen mit 0,5 $^0/_0$ Carbol injicirt. Den ersten Dosen wird — allmählich abnehmend — Jodtrichlorid zugefügt. — Für den Menschen ist die Methode wegen der Unsicherheit der Dosirung nicht verwendbar (vgl. oben S. 598).

B. Passive Immunisirung durch Uebertragung von Serum hoch immunisirter Thiere.

Durch fortgesetzte Steigerung der Toxindosen oder der Menge und Virulenz der injicirten Bakterien lassen sich solche Concentrationen

von Antitoxin bezw. Amboceptoren im Serum der Versuchsthiere herstellen, dass eine kleine Menge des Serums, nicht mehr als in einer Injektion subkutan einem Menschen einverleibt werden kann, hinreicht, um die Gefahr einer Invasion der betreffenden Krankheitserreger aufzuheben (vgl. S. 598). Eine solche Serumübertragung ruft keinerlei Reaktion im geimpften Körper hervor; es bilden sich daraufhin keine neuen Antitoxine und keine neuen Amboceptoren; aber es entsteht relativ rasch, jedenfalls innerhalb 24 Stunden, eine Immunität, die nur durch die übertragene Menge Antitoxin ausgeübt wird. Allerdings wird letzteres gewöhnlich innerhalb einiger Wochen wieder aus dem Körper eliminirt und dann ist die Immunität vorüber.

a) Uebertragung von Antitoxinen.

α) bei Diphtherie (Behring). Pferde werden mit vorsichtig steigenden Dosen aktiv immunisirt; der Antitoxingehalt des Serums wird fortdauernd geprüft; es muss ein sehr hoher Antitoxingehalt erreicht werden, damit das zur passiven Immunisirung verwendete Serum kein zu grosses Volum repräsentirt. — Bei der Prüfung benutzt man in Deutschland die Mischungsmethode, d. h. im Reagenzglas werden Mischungen von Toxin und Antitoxin in abgestuften Mengen hergestellt und dann an Meerschweinchen geprüft. Früher ging man aus von einem Diphtherienormalgift, d. h. von einer Giftlösung, welche in 0.01 ccm ausreichend Gift enthält, um ein Meerschweinchen von 250 gr in 4—5 Tagen zu tödten. 1 ccm dieser Giftlösung ist also = + 25000 M., d. h. kann 100 Meerschweinchen von je 250 gr Gewicht tödten. Blutserum, von welchem 0.1 ccm die Wirkung von 1 ccm Normalgift aufhebt, bezeichnet man als Normalserum; 1 ccm desselben enthält eine Immunisirungseinheit (I. E.). Ein hundertfaches Normalserum enthält in 1 ccm 100 I. E. — Da aber das Toxin nicht einheitlich zusammengesetzt ist, sondern wechselnde Mengen Toxoid und Toxon (s. oben) enthält, benutzt man jetzt ein Normal-Antitoxin als Ausgangspunkt für die Controle, d. h. 2 gr trockenes Serum von 1700 I. E., geschützt gegen Luft, Licht, Feuchtigkeit aufbewahrt, das im Bedarfsfall in einer Glycerin-Kochsalzlösung gelöst wird.

Zur Immunisirung empfiehlt es sich, 100—200 I. E. zu injiciren. Der Schutz hält ungefähr 3 Wochen an.

β) Bei Tetanus (Behring). Die Vorbehandlung der Versuchsthiere s. S. 613. Die Prüfung des Antitoxingehalts des Blutes erfolgt wie beim Diphtherieantitoxin; nur ist dieselbe hier erleichtert dadurch, dass ein (durch Ammonsulfatfällung erhaltenes) trockenes Testgift hergestellt und dauernd aufbewahrt werden kann. 20 Anti-

toxineinheiten (= 20 Tet. A. N.) genügen zur Immunisirung, die beim Menschen in Frage kommen kann, wenn durch gewisse Verletzungen (anaërobe Wunden, Verunreinigung mit Erde) Tetanus droht.

γ) Zur passiven Immunisirung gegen **Pest** wird das oben erwähnte, von Pferden nach langer Vorbehandlung gewonnene Serum benutzt (Yersin). Der Impfschutz tritt rasch ein, dauert aber nicht über 12 Tage. Die Leistungsfähigkeit der Methode wird noch verschieden beurtheilt.

δ) Behring und Ransom haben ein antitoxisches **Cholera-serum** durch Vorbehandlung von Pferden mit löslichem Choleragift hergestellt; dasselbe ist praktisch noch nicht erprobt.

b) Uebertragung von **Bakteriolysinen**.

Passive Immunisirung durch Uebertragung eines mit **specifisch baktericiden Antikörpern** hochbeladenen Serums ist bei Cholera, Typhus, Rauschbrand, Schweineseuche u. s. w. versucht. Jedoch werden bis jetzt nicht diejenigen Concentrationen von Antikörpern erreicht, die zu einer sicheren alleinigen Wirkung erforderlich sind (vgl. auch S. 605).

C. Combinirte aktive und passive Immunisirung.

Es liegt nahe, die Vortheile bei der Immunisirungsmethoden zu vereinigen und ihre Nachtheile erheblich zu verringern dadurch, dass man **gleichzeitig** durch (abgeschwächte) Krankheitserreger aktiv und durch Serum immuner oder specifisch immunisirter Thiere passiv immunisirt. Das Serum bewirkt dann eventuell, dass der Schutz sofort eintritt und dass die Reaktions-(Krankheits)erscheinungen in Folge der aktiven Immunisirung geringer werden; letztere gewährt dagegen eine erheblich längere Dauer des Impfschutzes.

Eine solche kombinirte Methode ist für **Pest** empfohlen, aber praktisch noch nicht genügend geprüft. — Bewährt hat sie sich bei einigen Thierkrankheiten: bei **Schweinerothlauf** (gleichzeitige Einimpfung von wenig abgeschwächten Bacillen und „Susserin"); bei **Rinderpest** (durch Galle der gefallenen Thiere, welche Antikörper und abgeschwächte Erreger neben einander enthält, mit eventueller Nachimpfung mit Rinderpestblut; oder nach der „Simultanmethode", virulentes Blut + Serum); neuerdings bei **Milzbrand**. Auch bei **Maul- und Klauenseuche** scheint ein Gemisch von wirksamer Lymphe aus den Blasen mit Serum natürlich immuner oder immunisirter Rinder („Seraphtin") Erfolg zu haben.

Noch andere menschliche Infektionskrankheiten werden sich voraussichtlich für Schutzimpfungen zugänglich erweisen. Trotzdem dürfen wir keineswegs hoffen, alle oder auch nur die meisten Infektionskrankheiten durch Schutzimpfungen zu bekämpfen. Bei manchen Er-

regern, z. B. Streptokokken, Influenzabacillen hat sich bis jetzt in sehr zahlreichen, vielfach variirten Experimenten keine Art von Immunisirung erreichen lassen. Für die Streptokokken ist durch Versuche an Menschen erwiesen, dass derselbe Stamm von Erregern viele Male hinter einander in kurzen Zwischenräumen typisches Erysipel hervorrufen kann. Von Gonorrhoe, Pneumonie wissen wir aus praktischen Erfahrungen, dass sie ebenfalls nach dem Ueberstehen der Erkrankung leicht recidiviren. Bei anderen Krankheiten, z. B. bei Diphtherie, ist der Impfschutz, den das Ueberstehen der Erkrankung oder die Immunisirung hinterlässt, zu kurz, als dass man an die Einführung einer allgemeinen Schutzimpfung denken könnte. Bei wieder anderen, wie z. B. bei Cholera und Abdominaltyphus, sind die zur Fernhaltung der Uebertragung geeigneten prophylaktischen Maassregeln so einfach, und unter vorgeschrittenen Culturverhältnissen so leicht durchführbar, dass aus diesem Grunde ausgedehntere Schutzimpfungen hier nicht in Betracht kommen. Wohl aber sind letztere zur Zeit, wo eine Epidemie grassirt, bei vereinzelten Personen anwendbar, welche der Ansteckung besonders exponirt sind. — Tritt in kleineren Orten oder in Stadttheilen eine stärkere Häufung von Diphtheriefällen hervor, so kann es auch zweckmässig sein, die Schulkinder in grösserem Umfang zu immunisiren; ferner wird es angezeigt sein, in den Familien, wo ein Diphtheriefall vorkommt, die Angehörigen und namentlich die übrigen Kinder mit Schutzimpfung zu versehen. Auch beim Ausbruch von Pest ist mit Schutzimpfungen von Angehörigen, Aerzten, Krankenwärtern, Desinfekteuren u. s. w. zu rechnen.

Für eine allgemeine, obligatorische Impfung eignen sich dagegen bis jetzt nur die Pocken. Gegenüber den Pocken versagen unsere sonstigen prophylaktischen Maassregeln so sehr und die Impfung ist so gefahrlos und von so sicherer und langanhaltender Wirkung, dass dieselbe hier unbedingt den besten und rationellsten Schutz repräsentirt (s. im speciellen Theil).

IV. Die örtliche und zeitliche Disposition zu Infektionskrankheiten.

Bei näherer Betrachtung der im Vorstehenden aufgezählten mannichfaltigen Infektionsquellen, Transportwege und Empfänglichkeitsgrade ergiebt sich ohne Weiteres, dass dieselben keineswegs bei jeder Ausbreitung einer Infektionskrankheit in gleicher Weise in Funktion treten können, sondern dass vielfache Variationen — der Art, dass bald

diese bald jene Infektionsquellen eine grosse Rolle spielen, während andere fehlen; dass dieser Transportweg offen, jener verschlossen ist u. s. w. — selbstverständlich sind. Demnach dürfen wir auch von vornherein keinerlei gleichmässige Ausbreitung der Infektionskrankheiten erwarten, sondern müssen uns diese Ausbreitung als etwas so Wechselndes und so von kleinlichen Zufälligkeiten Abhängiges vorstellen, dass weder eine hartnäckige Lokalisation, noch ein scheinbar unvermittelter Sprung der Krankheit, noch eine Pandemie uns überraschen darf.

Wir begegnen aber ferner gewissen auffälligen Gesetzmässigkeiten in der örtlichen und zeitlichen Verbreitung mancher Infektionskrankheiten. Die eine Stadt bezw. das eine Land zeigt sich regelmässig stärker ergriffen als das andere; gewisse Zeitabschnitte gehen mit einer besonderen Häufung von Krankheiten zusammen, andere mit einer Verminderung. Diese gesetzmässigen Differenzen haben seitens der „Lokalisten" zur Annahme einer lokalen und zeitlichen Disposition geführt; diese soll ihren Grund in besonderen, von der natürlichen Beschaffenheit der Oertlichkeit ausgehenden, zeitlich wechselnden Einflüssen auf die Krankheitserreger haben, so dass nicht mehr der Kranke und die von ihm ausgehenden Infektionsquellen, sondern eben jene Beschaffenheit der Oertlichkeit für die Ausbreitung der Krankheit ausschlaggebend wird.

Oertliche Differenzen der Art beobachtet man zwischen den verschiedenen Klimaten; oft aber auch innerhalb desselben Klimas und dann angeblich vorzugsweise als Folge einer verschiedenen Bodenbeschaffenheit. Zeitlich sich wiederholende Schwankungen sollen theils mit besonderen Witterungsverhältnissen, theils wiederum mit zeitlich wechselnden Bodenverhältnissen zusammengehen.

Es ist indess bereits in einem früheren Kapitel ausgeführt, dass Klima und Witterung nur bei wenigen Krankheiten einen unmittelbaren Einfluss ausüben; ebenso wurde früher gezeigt, dass auch die übrigen natürlichen Lebenssubstrate, insbesondere der Boden, nur ausnahmsweise geeignet sind, die Verbreitung der Infektionserreger zu beeinflussen. Jedenfalls werden wir daher diese Momente erst dann zu einer Erklärung örtlicher und zeitlicher Differenzen heranziehen dürfen, wenn einige andere bei dieser wechselnden Vertheilung der Infektionskrankheiten sicher und zweifellos mitwirkende Faktoren zur Erklärung nicht ausreichen.

Nun ist es ganz zweifellos, dass die Verbreitung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die individuelle Empfänglichkeit sich ausserordentlich verschieden gestalten, je nach den Verkehrsverhältnissen eines Ortes und Landes, nach den Sitten

und Lebensgewohnheiten, nach der Beschäftigungsweise, der durchschnittlichen Wohlhabenheit, nach den Wohnungs- und Ernährungsverhältnissen, endlich nach dem Grad der Durchseuchung der Bevölkerung; und alle diese Momente zeigen so viele örtliche und zeitliche Differenzen, dass sie ausgeprägte örtliche und zeitliche Differenzen im Auftreten der Infektionskrankheiten als selbstverständlich erscheinen lassen.

So sind Handels- und Verkehrscentren den Infektionsquellen exponirter als abgelegene Orte. Eine in überfüllten Wohnungen und in Fabrikräumen in steter enger Berührung lebende, schlecht genährte Bevölkerung gewährt ungleich bessere Bedingungen für die Ausbreitung der Infektionsquellen, als eine zerstreut wohnende, vorzugsweise im Freien beschäftigte, wohlhabende Bevölkerung. An dem einen Orte können gute Einrichtungen zur Entfernung der Infektionsquellen (Wasserleitung, Canalisation, Schlachthäuser) bestehen, während in anderen Städten oder Ländern eine Reinhaltung der Wohnung, Kleidung und Utensilien von Infektionserregern auf viel grössere Schwierigkeiten stösst. Selbst scheinbar unbedeutende Gewohnheiten sind oft von erheblichem Einfluss. In manchen Orten wird die Wäsche, und speciell die Wäsche von Kranken, niemals in der Wohnung, sondern ausserhalb der Stadt gereinigt; in anderen Orten erfolgt die Reinigung in unmittelbarer Nähe der Wohnung, an undichten Schachtbrunnen, deren Wasser auf diese Weise leicht inficirt wird. In einer anderen Stadt dient ein vielseitig benutzter Fluss zur Aufnahme aller Abfallstoffe und zum Reinigen der Wäsche. In wieder anderen Städten bewirken gewisse Gewerbe ein Zusammenströmen zahlreicher infektionsverdächtiger Wäschestücke und Lumpen.

Ebenso unterliegen die Transportwege örtlichen und zeitlichen Schwankungen. An einem Orte ist eine geeignete Krankenpflege eingerichtet, die Bevölkerung ist zu Reinlichkeit erzogen, die Nahrung wird sorgfältig zubereitet und in gekochtem Zustand genossen, für tadelloses Wasser ist Sorge getragen. In anderen Ländern, Städten und Stadttheilen ist eine Isolirung des Kranken unmöglich; es existirt kein geschultes Pflegepersonal; an regelmässige Reinigung der Hände und der Kleidung ist die Bevölkerung nicht gewöhnt; die Nahrung wird oberflächlich zubereitet, verunreinigtes Wasser wird zum Trinken, zum Reinigen der Ess- und Trinkgeschirre u. s. w. benutzt.

Auch die natürliche und die erworbene Disposition oder Immunität ist für die Verbreitungsweise der Infektionskrankheiten äusserst bedeutungsvoll. Oft zeigt eine ganze Bevölkerung eine durchschnittlich höhere Empfänglichkeit gegen vom Darm aus eindringende Infektions-

erreger, als die Bevölkerung einer anderen Stadt, weil schlechte Ernährung, Neigung zu Excessen u. dgl. dort vorherrschen und die natürlichen Schutzvorrichtungen des Körpers schwächen. Das Erlöschen von Epidemieen und ihr zeitweises Verschwinden ist nicht selten auf die Durchseuchung und die dadurch erzielte Immunität eines Theils der Bevölkerung zurückzuführen. Ueberspringt eine Epidemie einzelne Bezirke, so erklärt sich dies oft daraus, dass vor nicht langer Zeit an dieser Stelle ein Hauptherd derselben Seuche bestanden hatte und dass zur Zeit der neuen Invasion wenig empfängliche Individuen vorhanden waren. — Masern und Scharlach treten bei uns als Kinderkrankheiten auf, weil ihre verbreiteten Keime gewöhnlich schon in der Jugend acquirirt werden, dann aber eine lange dauernde Immunität hinterlassen. Das Auftreten dieser Krankheiten wird indessen ein völlig anderes, wenn sie etwa unter einer vorher noch nicht durchseuchten Bevölkerung Platz greifen; auch die Erwachsenen erliegen dann ebensowohl wie die Kinder (Masernepidemieen auf abgelegenen Inseln).

Auch zeitliche Differenzen kommen in ähnlicher Weise zu Stande. Das Leben der Bevölkerung in der warmen Jahreszeit bietet durch den langen Aufenthalt im Freien, die Gelegenheit zum Baden, die Erleichterung der Reinigung von Wäsche und Wohnung weit weniger Chancen für die Ausbreitung gewisser Contagien, als der Winter. Eine bestimmte Jahreszeit äussert vielleicht auf die Frequenz gewisser Krankheiten dadurch Einfluss, dass in dieser Zeit die Gruben und Tonnen geräumt und die Fäkalien, und mit diesen Infektionserreger, vielfach verbreitet werden. Auch die Ernte von Nahrungsmitteln, die in oberflächlichem, mit menschlichen Excrementen gedüngtem Boden gewachsen sind, kann in demselben Sinne wirken. Ferner kommt die zeitlich sehr bedeutend wechselnde Menge der Insecten in Frage. Endlich veranlasst die individuelle Disposition starke Differenzen der zeitlichen Verbreitung, und insbesondere liefern die in der warmen Jahreszeit grassirenden Verdauungsstörungen eine ausgesprochene Disposition für Typhus, Cholera und Ruhr.

Am wenigsten werden noch diejenigen Infektionskrankheiten, welche sehr contagiös sind und stets über reichlichste Infektionsquellen und zahlreichste Transportwege verfügen, von diesen zeitlichen und örtlichen Schwankungen betroffen werden, weil beim Fehlen der einen Infektionsgelegenheit immer noch andere Gelegenheiten zur Genüge vorhanden sind. Dennoch beobachtet man selbst bei den akuten Exanthemen ausgeprägte gesetzmässige Schwankungen. S. 132 wurde bereits die jahreszeitliche Schwankung der Pocken betont und erklärt. Aber auch

starke lokale Differenzen fehlen nicht. So sind, während in Europa im Laufe dieses Jahrhunderts stets Scharlachepidemieen grassirten und während manche dieser Epidemieen fast von Ort zu Ort zogen, einzelne Städte Jahrzehnte lang völlig verschont geblieben, obgleich sie zweifellos im Verkehr mit inficirten Orten gestanden hatten. In Münster hat eine solche scharlachfreie Zeit 50 Jahre lang gedauert; in Tuttlingen 35 Jahre, in Ulm 17 Jahre; auffällig lange Pausen sind in Lyon, ferner im ganzen Departement Indre-et-Loire beobachtet.

In weit stärkerem Grade müssen aber derartige zeitliche und örtliche Schwankungen hervortreten bei denjenigen Infektionskrankheiten, welche nicht so exquisit contagiös sind, wie die akuten Exantheme, sondern bei welchen die Infektionsquellen, die Transportwege, die Invasionsstätten beschränkt sind und wo nur bei einem gewissen Zusammenwirken äusserer Umstände eine weitere Ausbreitung der Infektion resultirt.

Typhus, Cholera, Ruhr, Diphtherie u. a. m. gehören zu diesen Krankheiten; und bei ihnen werden daher örtliche und zeitliche Schwankungen am häufigsten und am prägnantesten beobachtet, ohne dass deshalb von vornherein andere Momente zur Erklärung herangezogen werden müssen, als die früher aufgezählten Einflüsse des Verkehrs, der Lebensverhältnisse und der Disposition der Bevölkerung.

Auch für diese Infektionskrankheiten liegt somit zunächst kein Anlass vor, die Ursache der örtlichen und zeitlichen Schwankungen in geheimnissvollen, am Boden haftenden Einflüssen auf das ektogene Leben der Krankheitserreger zu suchen und dieselben damit den „miasmatischen“ Krankheiten anzureihen. Vielmehr werden wir erst specieller prüfen müssen, ob jene Einflüsse, welche die Ausbreitung vom Kranken aus thatsächlich in erster Linie bestimmen, vollkommen hinreichen, um alle beobachteten örtlichen und zeitlichen Schwankungen zu erklären; oder ob noch ein nicht aufzuklärender Rest bleibt, der uns zwingt, andere lokale und zeitliche Einflüsse in Erwägung zu ziehen.

Sicher ist es, dass wir bis jetzt nur eine einzige menschliche Infektionskrankheit kennen, deren Auftreten wirklich an eine bestimmte Lokalität und an einen bestimmten Boden einigermaassen gebunden ist, nämlich die Malaria; aber nur deshalb, weil der Zwischenwirth des Parasiten, Anopheles, ohne feuchten Boden nicht gedeihen kann. Halten wir Kranke mit Malariaparasiten von solchem Boden fern, oder verhindern wir die Regeneration von Anopheles, so vermag von dem „siechhaften“ Boden keine Malaria auszugehen.

Im Einzelfalle stösst der Nachweis derjenigen Momente, welche eine örtlich oder zeitlich verschiedene Ausbreitung der Infektion veranlasst haben, oft auf

Schwierigkeit; aber bei aufmerksamer Beobachtung der Sitten, Gebräuche u. s. w. gelingt es doch zuweilen, eine exquisite lokale und zeitliche Disposition in bestimmtester Weise aufzuklären. So war z. B. in einem „unerklärlichen" Fall von örtlich und zeitlich begrenztem Milzbrand die Disposition lediglich dadurch bedingt, dass nur zu einer bestimmten Jahreszeit, nämlich wenn der Futtervorrath auf die Neige ging, dem Futter Milzbrandsporen von dem inficirten Fussboden des Futterraums in einem bestimmten Stallgebäude beigemengt wurden, in welchem früher ein milzbrandiges Thier abgehäutet war. — Es ist zu hoffen, dass es der Detailforschung noch in zahlreichen weiteren Fällen gelingen wird, die oft versteckten und scheinbar geringfügigen Ursachen für ein eigenthümlich örtliches und zeitliches Verhalten der Infektionskrankheiten genauer darzulegen.

Beispiele örtlicher und zeitlicher Disposition liefern uns auch manche Invasionskrankheiten, obwohl deren Erreger gewiss nicht zum Boden in irgend welcher Beziehung stehen. So kommt die Trichinose beim Menschen in Nordamerika, in Frankreich, im Orient u. s. w. so gut wie gar nicht, in Deutschland dagegen häufig vor; auch hier sind aber einzelne Gegenden besonders exponirt, andere fast frei. Noch stärkere lokale Differenzen zeigt die Verbreitung der Trichinose unter den Schweinen, die z. B. in der Provinz Hannover sehr selten, in der Provinz Posen sehr häufig erkranken. Ferner beobachtet man in vielen Gegenden, besonders in den ländlichem Distrikten, Epidemieen von Trichinose wesentlich zum Anfang des Winters. — Diese örtliche und zeitliche Vertheilung, die ohne die Entdeckung der Trichinen und ohne die Kenntniss ihres Lebensganges vielleicht auch die Trichinose zu einer Bodenkrankheit gestempelt haben würde, sind einfach in Lebensgewohnheiten der Bevölkerung begründet, die in diesem Falle klar vor Augen liegen. In den immunen Ländern herrscht eben das Verbot Schweinefleisch zu essen, oder die Sitte, das Schweinefleisch nur in gut gekochtem Zustand zu geniessen. In Posen ist es die Verwahrlosung der Schweineställe, die zur stärkeren Verbreitung der Trichinose führt; und zu Anfang des Winters veranlasst die Gewohnheit der ländlichen und kleinstädtischen Bevölkerung, die gemästeten Schweine in dieser Jahreszeit zu schlachten und zu verzehren, die Häufung der Fälle.

Bekämpfung der örtlichen und zeitlichen Disposition. Da nach den vorstehenden Ausführungen die örtliche und zeitliche Disposition bei allen contagiösen Krankheiten sich aus Differenzen in der Verbreitung der Infektionsquellen, in der Gangbarkeit der Transportwege und aus Unterschieden der individuellen Disposition zusammensetzt, so beseitigen die gegen diese drei einflussreichen Momente gerichteten Maassregeln auch zugleich die örtliche und zeitliche Disposition. Alle im Vorstehenden aufgeführten, speciellen prophylaktischen Verfahren, im grossen Maassstabe auf eine ganze Bevölkerung angewendet, müssen zu einer Verminderung der an den betreffenden Orten beobachteten Frequenz der Infektionskrankheiten führen.

Vorzugsweise einflussreich sind gegenüber den contagiösen Krankheiten folgende Maassnahmen: 1) Controle des kleinen Grenzverkehrs und der Schiffer und Flösser, 2) strenge Handhabung der Anzeigepflicht; Einrichtungen für bakteriologische Diagnostik, 3) Isolir-

spitäler, die eine völlige Absperrung des Kranken- und event. des Wartepersonals gestatten, 4) öffentliche Desinfektionsanstalten und Desinfektionskolonnen, 5) eine gut organisirte häusliche Krankenpflege und zweckmässige Belehrung der Kranken, 6) eine gegen Infektion gesicherte Wasserversorgung, 7) rationelle Beseitigung der Abwässer und Reinhaltung der Bodenoberfläche, 8) Ueberwachung des Lumpenverkehrs, 9) Ueberwachung der Nahrungsmittel und deren Verkaufsstätten, 10) ärztliche Ueberwachung der Schulen und Fabriken.

Bei den ektogenen Infektionskrankheiten sind ausgedehntere Maassregeln gegen die Infektionsquellen kaum durchführbar. Eiterkokken, die Erreger von malignem Oedem und Tetanus sind so allgemein verbreitet, dass es aussichtslos sein würde, dieselben an einigen Orten zu vernichten oder zu beseitigen. — Ueber die Bekämpfung der Cholera infantum und der Malaria s. im speciellen Theil.

Die Mehrzahl der Maassnahmen gegen die Infektionskrankheiten erfordert von Seiten der Communen eine fortgesetzt Arbeit und allmähliche Vorbereitung bereits in epidemiefreien Zeiten. Diejenigen Städte, welche zielbewusst diese Arbeiten durchgeführt haben, sind zum Theil in geradezu überraschendem Grade durch eine Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse und durch eine Verminderung der Infektionskrankheiten belohnt, und liefern ein anregendes Beispiel für diejenigen Städte, welche die modernen hygienischen Einrichtungen bis jetzt noch verschmähen.

Seitens der „Lokalisten“ wird bei Typhus, Cholera, Gelbfieber u. s. w. ausschliesslich auf die Beseitigung der lokalen und zeitlichen Disposition im Sinne dieser Schule, d. h. auf eine Reinigung und Drainirung des Bodens Werth gelegt. Die Beseitigung der contagiösen Absonderungen, die Desinfektion u. s. w. halten die Lokalisten für irrelevant und die dafür verausgabten Geldsummen für weggeworfen. Dagegen soll durch Canalisation oder geregelte Abfuhr der Boden so weit von organischen Verunreinigungen befreit werden, dass er nicht mehr zur Entwicklung und Reifung der Krankheitserreger geeignet ist, oder es sollen die Feuchtigkeitsschwankungen des Bodens, die denselben zeitweise zu seiner wichtigen Funktion geeignet machen, durch Canalisation oder Drainage beseitigt werden. — Es ist bereits mehrfach ausgeführt, dass diese Anschauungen mit unseren heutigen Kenntnissen über die Lebenseigenschaften der Krankheitserreger und mit unseren zweifellosen Erfahrungen über die Contagiosität der in Rede stehenden Krankheiten im Widerspruch stehen. Es würde daher nicht zu verantworten sein, wollten wir im Vertrauen auf die Richtigkeit einer unbewiesenen und unwahrscheinlichen Hypothese jene gut begründeten und bewährten Maassnahmen gegen die Infektionskrankheiten unterlassen.

Specielle parasitäre Krankheiten.

Für einzelne besonders wichtige Infektionskrankheiten sei im Folgenden die Verbreitungsart und die Prophylaxis speciell zusammengestellt. Bezüglich der übrigen parasitären Krankheiten muss auf die vorstehende allgemeine Aetiologie verwiesen werden. Die Wundinfektionskrankheiten sind hier übergangen, weil dieselben in dem chirurgischen und geburtshülflichen Unterricht eingehende Berücksichtigung finden.

1. Cholera und Diarrhoea infantum.

Die Aetiologie der Cholera infantum ist noch verhältnissmässig wenig aufgeklärt. Zunächst ist es schon schwierig, eine richtige Vorstellung von der Frequenz der Krankheit zu erhalten. Unter den auf den Todtenscheinen verzeichneten Todesursachen der Kinder sind Lebensschwäche, Atrophie, Diarrhoe mit einem bedeutenden Procentsatz vertreten, Krämpfe sogar mit dem grössten Procentsatz, der überhaupt vorkommt (S. 5). Alle diese Todesursachen sind zweifellos in einer sehr grossen Anzahl von Fällen eigentlich und richtig als „Cholera resp. Diarrhoea infantum" zu bezeichnen. Es wäre sehr zu wünschen, dass durch eine genauere Angabe der Todesursachen und namentlich durch möglichstes Vermeiden der Bezeichnung „Krämpfe" in Zukunft ein brauchbareres statistisches Material geliefert würde. Jedenfalls ist durch zahlreiche statistische Beobachtungen festgestellt, dass die Gesammtsterblichkeit der Kinder im ersten Lebensjahre vollständig durch die Todesfälle an Cholera infantum und der verwandten Krankheiten beherrscht wird und daher die für erstere gewonnenen Zahlen den Untersuchungen über Cholera infantum theilweise zu Grunde gelegt werden dürfen.

Ferner bietet die Aetiologie der sog. Cholera infantum, die eigentlich nur ein schlechter Collektivname für eine Reihe klinisch und ätiologisch verschiedener Krankheiten ist, noch besondere Lücken insofern, als die ursächlichen Erreger nicht bekannt und experimentelle Studien uns bisher nur zu gewissen Vermuthungen geführt haben. Wir sind daher wesentlich auf die Resultate statistischer Erhebungen über die örtliche und zeitliche Verbreitung der Mortalität im 1. Lebensjahre bezw. der Sterblichkeit der Säuglinge an allen Verdauungskrankheiten zusammengenommen angewiesen.

Durch diese Erhebungen ist nun zunächst ermittelt, dass die Verdauungskrankheiten in charakteristischer Weise von der Aussentemperatur, genauer von der Wohnungstemperatur, abhängig sind; ferner, dass dieselben fast ausschliesslich bei künstlich genährten Kindern, höchst selten bei Brustkindern vorkommen; drittens dass sie auf dem

Lande wenig, in den Städten um so mehr verbreitet sich zeigen, je grössere letztere sind.

Die Abhängigkeit der Säuglingssterblichkeit von der Aussentemperatur geht zunächst aus folgender Tabelle hervor:

	Auf 100 Lebendgeborene treffen im 1. Lebensjahr Gestorbene	Mittlere Temperatur des heissesten Monats
Norwegen	10·4	14·5
Schottland	11·9	14·6
Schweden	13·5	16·0
Sachsen	26·3	18·5
Württemberg . . .	35·4	19·0

Genauere Beobachtungen zeigen, dass die hohe Säuglingssterblichkeit überall da fast völlig fehlt, wo die Temperatur des heissesten Monats nicht über 16° hinausgeht. Die grösste Frequenz erreicht sie, wenn lange Perioden hoher Temperatur und hohe Wärmemaxima auftreten, während die Häufigkeit abnimmt, sobald die Maxima von geringerer Höhe sind und nächtliche Abkühlung erfolgt (Seeklima, Höhenklima).

Ebenso ist die zeitliche Vertheilung durchaus an das Vorkommen dauernd hoher Temperaturen gebunden, und zwar sind vorübergehende hohe Temperaturen im Frühsommer, die sich innerhalb der Wohnungen noch nicht in stärkerem Grade bemerklich machen, von relativ geringem Einfluss (s. S. 380).

Der Einfluss der Ernährungsweise ergiebt sich aus folgenden Tabellen, die in Berlin zu wiederholten Malen gewonnen sind. Dort wurde bei der Volkszählung (zuerst am 1. December 1885) die Zahl der mit Muttermilch, Thiermilch und Milchsurrogaten ernährten Säuglinge festgestellt; und da bei den Todesfällen der Säuglinge ebenfalls die Ernährungsweise notirt wurde, war es möglich, den Procentsatz von Todesfällen zu ermitteln, welchen jede einzelne Gruppe liefert (Boeckh). Schon bei Registrirung der Gesammtmortalität traten sehr prägnante Unterschiede hervor.

1885 starben in Berlin vor Ablauf des 1. Lebensjahres auf je 1000 der in gleichem Alter lebenden Kinder:

Bei Ernährung	
Mit Muttermilch	7·6
Mit Ammenmilch	7·4
Halb Brustmilch, halb Thiermilch .	23·6
Mit Thiermilch	45·8
Mit Thiermilch und Milchsurrogaten	74·8

Noch krasser fallen die Differenzen aus, wenn nur die Todesfälle der Säuglinge an Verdauungskrankheiten in Rechnung gezogen werden.

Die relative Sterblichkeit der Kinder unter 1 Jahr nur an Verdauungskrankheiten betrug:

	Für eheliche Kinder	Für uneheliche Kinder
Brustmilch	1·3	1·0
Halb Brustmilch, halb Thiermilch	7·6	23·7
Nur Thiermilch	18·7	29·9
Thiermilch und Surrogate	51·1	71·9

Der Gegensatz endlich zwischen grösseren Städten, kleineren Städten und den Landgemeinden wird durch nachstehende Tabelle erläutert.

Von 100 Todesfällen entfallen auf Cholera und Diarrhoea infantum:

	Procent
Ganz Preussen	3·2
Nur die Landgemeinden	1·4
Nur die Stadtgemeinden	7·2
62 Stadtgemeiden mit 20000 bis 100000 Einwohner	8·8
Köln	13·9
Berlin	16·4

Es erscheint somit ausser allem Zweifel, dass ein Zusammentreffen von hoher Wohnungstemperatur und künstlicher Ernährung für das endemische Auftreten dieser Verdauungskrankheiten von kritischer Bedeutung ist; und wir müssen uns sonach die Ansicht bilden, dass als deren wesentliche Ursache verbreitete Bakterien anzusehen sind, welche bei höheren Temperaturen, wie sie im Hochsommer in städtischen Wohnungen auftreten, sich lebhafter in der Milch vermehren, während sie in der kalten Jahreszeit, oder bei kühler Aufbewahrung der Milch, die in kleinen Städten und auf dem Lande die Regel ist, zu keiner Wucherung im Stande sind. Vermuthlich bilden diese Bakterien bei ihrem Wachsthum in der Milch, vielleicht auch in den Nahrungsresten des kindlichen Darms, toxisch wirkende Produkte. Allerdings scheinen völlig gesunde Kinder höchst selten in dieser Weise zu erkranken; die Hauptmasse der Todesfälle betrifft Kinder, die schon vorher Verdauungsstörungen aufwiesen und bei denen in Folge dessen jene Bakterientoxine zu akuter Wirkung gelangen können. — Ausserdem wird vermuth-

lich der kindliche Körper durch die hohe Wohnungstemperatur und die daraus resultirende Wärmestauung in besonderem Grade für die Krankheit disponirt. — In Krankenhäusern, Findelhäusern ist übrigens mehrfach eine Verbreitung schwerer Enteritis durch Contagion beobachtet.

Nach der abweichenden Ansicht einiger Aerzte soll die Cholera infantum wesentlich durch directe Einwirkung der hohen Wohnungstemperaturen auf den kindlichen Organismus zu Stande kommen und als „infantiler Hitzschlag" aufzufassen sein (Meinert). Es ist beobachtet worden, dass in heissgelegenen Wohnungen die Wärmebilanz der Kinder leicht gestört wird; bei im übrigen gesunden Kindern tritt Wärmestauung, Temperaturerhöhung auf 38·0—38·6° und zuweilen Uebergang dieser Wärmestauung in typischen Brechdurchfall ein. Die hervorragende Betheiligung der künstlich genährten Kinder soll darin begründet sein, dass bei künstlicher Nahrung eine mangelhafte Anpassung derselben an den Bedarf der Wärmeregulation (Ueberernährung und unzureichende Wasseraufnahme) stattfinde, während bei Brustnahrung eine vollkommenere Anpassung erfolgt. — Dieser Auffassung wiedersprechen jedoch die zahlreichen neueren Erfahrungen über den günstigen Einfluss sterilisirter Kuhmilch.

Die prophylaktischen Maassregeln müssen in erster Linie darauf hinausgehen, die Ernährung der Kinder mit Muttermilch zu begünstigen. Eine Sterilisirung der Kuhmilch vor der Verabreichung in der oben (S. 287) angegebenen Weise und Aufbewahrung derselben in kühlen Räumen ist in ärmeren Familien schwer durchführbar. Hier kann nur eine Lieferung fertiger sterilisirter Nahrung und frühzeitige Aufnahme der erkrankten Kinder in besondere Spitäler helfen, wo sie thunlichst mit Frauenmilch genährt werden. Eine wesentliche Besserung der Sterblichkeit ist von einer gründlichen Reform der Wohnungsverhältnisse zu erwarten.

2. Diphtherie.

Die Frequenz der Diphtherieerkrankungen beträgt in den grösseren Städten 0.2 bis 0.4 p. m. der Lebenden und mehr. Für eine genauere Verfolgung örtlicher und zeitlicher Einflüsse ist das statistische Material oft ungeeignet, weil die Unterschiede zwischen diphtherischer und nicht diphtherischer Angina, zwischen einfacher Diphtherie und Scharlachdiphtherie nicht genügend berücksichtigt werden. — Der sehr ungleiche Verlauf der Krankheit in verschiedenen Epidemieen lässt darauf schliessen, dass die Erreger in ihrem Virulenzgrade beträchtliche Differenzen aufweisen können.

Durch die Erfahrung steht unzweifelhaft fest, dass die Diphtherie durch Contagion verbreitet wird. Aerzte, Krankenwärter, Angehörige werden häufig nachweislich durch einen Kranken inficirt. Die Inkubationszeit bis zum Ausbruch der Krankheit beträgt gewöhnlich 2—3 Tage. — Als die wesentlichsten Infektionsquellen haben wir

die ausgehusteten Membranen, Sputa, Speichel und die damit verunreinigten Gegenstände anzusehen. In dicken Schichten angetrocknet, bleiben die Erreger 3—4 Monate, bei unvollständigem Austrocknen bis zu 7 Monaten lebendig. Im Munde des Reconvalescenten können sich die Erreger nachweislich noch etwa 4 Wochen, manchmal Monate lang, lebendig und virulent erhalten. Besonders gefährlich sind die von den Kranken und Reconvalescenten benutzten Ess- und Trinkgeschirre, Löffel, Taschentücher u. s. w. Ferner ist erwiesen, dass Erwachsene und unempfängliche Kinder Diphtheriebacillen beherbergen und übertragen können, obwohl sie gar keine Krankheitserscheinungen oder nur die einer leichten Angina darbieten. — Ein ektogenes Wachsthum der Diphtheriebacillen findet vielleicht auf Nahrungsmitteln gelegentlich statt, hat indess kaum besondere Bedeutung.

Die diphtherieartigen Erkrankungen verschiedener Thierspecies (Kälber, Tauben, Hühner, Katzen u. s. w.) können menschliche Diphtherie nicht hervorrufen.

Die Transportwege für das Diphtherievirus bilden vorzugsweise Berührungen der Infektionsquellen (Mund des Kranken, Ess- und Trinkgeschirrre, Wäsche u. s. w.) einerseits, des eigenen Mundes andererseits. Bei Kindern ist ein solcher Transport besonders begünstigt, da sie ihre Finger und verschiedenste Gegenstände fortgesetzt und im unreinlichsten Zustande in den Mund zu führen pflegen. Häufig vollzieht sich die Uebertragung in Schulen und Kindergärten. — Selbstverständlich kommen durch Küsse, ferner durch directes Anhusten der mit Untersuchung oder Pinseln des Rachens Beschäftigten Infektionen zu Stande. Die Luft giebt anscheinend nur in der Nähe des Kranken und nur dann zu Uebertragungen Anlass, wenn kurz zuvor Tröpfchen des Mundsekrets verspritzt sind.

Die individuelle Disposition nimmt vom 6. Jahre ab allmählich, vom 13. Jahre an sehr rasch ab. Dass eine zarte, leicht verletzbare, und eventuell eine katarrhalisch afficirte Rachenschleimhaut (hypertrophische Tonsillen) zur Erkrankung disponirt, wird von den meisten Aerzten angenommen und ist auch durch Thierexperimente wahrscheinlich gemacht.

Eine ausgesprochene örtliche und zeitliche Disposition tritt bei der Verbreitung der Diphtherie nicht hervor. Differenzen der Frequenz werden bei der Vergleichung verschiedener Länder und Städte allerdings beobachtet, gehen aber nicht über die bei jeder contagiösen Krankheit vorkommenden Schwankungen hinaus; ausserdem pflegen diese Differenzen sich im Laufe der Jahre durchaus nicht constant zu halten. — Auch die jahreszeitliche Schwankung ist so unbedeutend

(im Sommer erfolgt gewöhnlich eine Abnahme der Erkrankungen) und so inconstant, dass ein irgend erheblicher Einfluss der Witterung daraus nicht abgeleitet werden kann.

Die Prophylaxis ist vor Allem auf strenge Isolirung und eine rationelle Desinfektion angewiesen, die während des ganzen Verlaufs der Krankheit auf Sputa, Wäsche und Ess- und Trinkgeschirr, nach dem Ablauf der Krankheit auch auf Theile der Wohnung auszudehnen ist (Formalindesinfektion, s. oben). Der Reconvalescent soll noch längere Zeit besonderes und nach dem Gebrauch zu desinficirendes Ess- und Trinkgeschirr benutzen. Vom Schulbesuch sind erkrankte Kinder und deren Geschwister mindestens 4 Wochen nach Abstossung des Belags zurückzuhalten (s. S. 506). Erwachsene sollten Kinder überhaupt nicht auf den Mund küssen, keinesfalls sobald die geringsten Symptome einer Angina beim Erwachsenen vorhanden sind. — Kommt ein Diphtheriefall in einer Milchwirthschaft vor, so ist der Milchverkauf zu sistiren, wenn nicht Garantie für vollständige Absperrung des Kranken gegeben ist. — Unter geeigneten Verhältnissen ist Schutzimpfung exponirter gesunder Kinder mit dem BEHRING'schen Antitoxin indicirt. — Für die frühzeitige Sicherung der Diagnose, von der die Isolirung, die Desinfektion, die frühzeitige Behandlung mit Heilserum und die Schutzimpfung der Angehörigen abhängig gemacht werden muss, ist die bakteriologische Untersuchung von Probematerial aus der Mundhöhle des Kranken sehr wichtig. Dieselbe muss in besonderen Untersuchungsstationen (gratis) ausgeführt werden, die so eingerichtet sind, dass der Bescheid nach im Mittel 6 bis 8 Stunden dem einsendenden Arzte zugeht. Solche Stationen sind z. B. in Breslau, New-York, Paris, Königsberg im Betrieb (s. Anhang).

Einige Autoren vertreten die Ansicht, dass die bakteriologische Untersuchung bei Diphtherieverdacht überflüssig und dass unter allen Umständen Antitoxin zu injiciren sei. Letzteres ist zuzugeben; daraus folgt aber nicht, dass die ätiologische Aufklärung dann keinen Werth mehr habe und unterbleiben könne. Vielmehr vermag erst der Ausfall der bakteriologischen Untersuchung in vielen Fällen darüber zu entscheiden, ob Isolirung, Desinfektion u. s. w. erfolgen muss oder nicht. Auch nachdem der Kranke Antitoxin bekommen hat, verstreut er virulente Diphtherieerreger, welche die Umgebung und sogar immunisirte Kinder gefährden, da die Erreger viel länger haltbar sind, als der Schutz einer imunisirenden Injektion anhält. Trotz der vollen Berechtigung einer frühzeitigen Serumbehandlung ist daher neben dieser die ätiologische Aufklärung und eine auf diese gegründete Prophylaxe für die Bekämpfung der Diphtherie von grösster Bedeutung.

3. Cholera asiatica.

Die asiatische Cholera herrscht seit langer Zeit im Gangesdelta und in Bengalen als endemische Krankheit. Dort finden die Krankheitserreger, begünstigt durch hohe Temperatur, Feuchtigkeit und

enorme Mengen abgestorbener Pflanzen und Thiere, vielleicht Gelegenheit zu ausgiebigem Wachsthum, namentlich in Sümpfen, Teichen, an Flussufern u. dgl. Ausserdem wird dort die endemische Verbreitung dadurch unterstützt, dass in Folge der massenhaften, sorglosesten Ausstreuung der vom Kranken stammenden Erreger die ganze Umgebung immer wieder durchseucht wird.

Von Niederbengalen aus hat die Cholera seit dem Jahre 1817 weitere Fortschritte gemacht, sich zunächst auf das übrige Indien ausgedehnt und vom Jahre 1819 ab auch die Grenzen Indiens überschritten.

Seither ist kaum ein Land von der Cholera verschont geblieben. Nur solche Gegenden, mit welchen Indien ausschliesslich durch langdauernde Seereisen in Verkehr steht, wie Australien und das Capland; ferner viele verkehrsarme Gegenden der arktischen Zone und des Hochgebirges sind bis jetzt von Cholera freigeblieben (s. S. 138, 144). — Europa wurde in fünf Invasionen heimgesucht. Die erste im Jahre 1823 erstreckte sich nur bis Astrachan; 1829 erfolgte der Einbruch über Russland und diesmal blieb die Cholera bis 1837 auf europäischem Boden, wurde auch nach Canada verschleppt und von da im übrigen Amerika verbreitet. 1847 wurde zum dritten Mal Europa und der grösste Theil der übrigen Erdtheile von der Cholera heimgesucht, die erst 1858 ihre Wanderung einstellte. Der vierte, besonders verheerende Zug begann 1865 von Aegypten aus und dauerte bis 1875. 1882 wurde die Cholera wiederum nach Mekka eingeschleppt, verbreitete sich 1883 nach Aegypten, betrat 1884 in Toulon europäischen Boden, dehnte sich 1884—86 in Südfrankreich, Italien, Spanien und Oesterreich-Ungarn aus und herrschte gleichzeitig in Süd-Amerika, China und Japan. Nach einer fünfjährigen Ruhepause drang die Seuche im Frühjahr 1892 über Afghanistan und Persien nach Russland vor, brach im Frühsommer in Nordfrankreich aus, drang im späteren Sommer nach Holland und Deutschland vor, wo sie jedoch (ausser Hamburg) nur kleinere Krankheitsherde hervorrief. Während des Winters 1892/93 setzte sie sich in sporadischen Fällen in Russland Frankreich, Italien und Deutschland fort und gelangte im Sommer in Russisch-Polen und Galizien zu grösserer Ausdehnung.

Ueber die Ursachen und die Verbreitungsweise dieser mörderischen Seuche bestanden die widersprechendsten Ansichten, bis es Koch im Jahre 1883 gelang, die Erreger der Cholera aufzufinden, ihre Lebenseigenschaften kennen zu lernen und die Verbreitungsart der Krankheit in allen wesentlichen Punkten aufzuklären.

Die Infektionsquellen lassen sich leicht entnehmen aus den S. 77 geschilderten Lebenseigenschaften des Kommabacillus.

Die concentrirtesten und gefährlichsten Infektionsquellen sind selbstverständlich die Dejektionen des Cholerakranken und die mit diesen beschmutzte Wäsche. Gelegentlich können auch der Fussboden, verschiedenste Gebrauchsgegenstände, Teppiche, die Kleider des Wartepersonals u. s. w. mit Dejektionen verunreinigt werden. Bei schlechten Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe, auf unsauberen Höfen u.s.w. finden sich auch nicht selten Reste von Dejektionen auf der Ober-

fläche des Erdbodens, und können von da durch allerlei Contakte verbreitet werden. Eine entschiedene Gefahr bieten oberflächliche Rinnsale, oberflächliche Wasseransammlungen, Bäche und Flüsse, in welche Abwässer und Excremente gelangen. Hier sind häufig die Bedingungen für lange Conservirung und zuweilen wohl sogar für Vermehrung der Kommabacillen gegeben.

Von den Dejektionen des Kranken und den mit diesen beschmutzten Objecten aus kann dann der Transport der Bacillen zum Gesunden dadurch erfolgen, dass Menschen die Infektionsquellen einerseits, ihren Mund oder unmittelbar nachher genossene Nahrungsmittel andererseits berühren und so Kommabacillen direct in den Mund bringen. Letzteres braucht nicht unmittelbar nach der Berührung der Infektionsquelle zu geschehen; es ist nachgewiesen, dass die Kommabacillen bis zu einer, vielleicht sogar bis zu 2 Stunden an der Hand lebendig bleiben; später sind sie durch Austrocknen getödtet. Derartige directe Uebertragungen werden bei den mit dem Kranken beschäftigten Menschen, die nicht an strenge Reinlichkeit gewöhnt sind, ferner bei Kindern, leicht und häufig vorkommen. Bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit sind sie dagegen völlig zu vermeiden, zumal die Kommabacillen nur in sichtbaren, feuchten oder erst kürzlich angetrockneten Dejektionsresten im lebenden Zustand erhalten zu sein pflegen. — Wäscherinnen sind theils denselben Berührungen, theils aber auch dem Verspritzen des inficirten Waschwassers exponirt und bedürfen daher schon grösserer Vorsicht, um der Infektion zu entgehen.

Ferner kann eine Verschleppung des Infektionsstoffs durch Fliegen erfolgen. Verschiedene Beobachter haben nachgewiesen, dass Fliegen, die auf Dejektionen oder beschmutzter Wäsche gesessen haben, lebende Kommabacillen noch nach Stunden auf Nahrungsmittel übertragen können. In kleinen Wohnungen, ohne räumliche Trennung zwischen dem Erkrankten und Küche bezw. Vorrathsraum, muss im Spätsommer und Herbst, wo Unmassen von Fliegen in solchen Wohnungen ihr Wesen treiben, dieser Modus der Verschleppung ernstlich in Betracht kommen.

Nahrungsmittel können bei feuchter Aufbewahrung die auf ihnen durch Berührungen oder durch Fliegen deponirten Kommabacillen noch lange (bis zu 8 Tagen) conserviren. — Besondere Gefahr bietet das Wasser. — Dasselbe wird am leichtesten inficirt, wenn es in oberflächlichen stagnirenden Ansammlungen besteht (indische Tanks), in welche gewohnheitsmässig allerlei Abwässer hineingelangen und mit diesen gelegentlich Reste von Dejektionen oder z. B. das Spülwasser, das zur Reinigung der für Dejektionen benutzten Gefässe resp. der mit Dejektionen besudelten Wäsche gedient hat. Wo ein solches Wasser

zu allen häuslichen Zwecken, zum Kochen und zum Trinken verwendet wird, wie es im endemischen Gebiet der Cholera thatsächlich geschieht, da ist die Gefahr einer Ausbreitung der Cholera durch Wasser naturgemäss ausserordentlich gross.

Ferner sind solche Bäche und Flüsse stark exponirt, welche Abwässer aufnehmen, oder in welchen Wäsche gespült wird, oder auf denen Schiffer und Flösser leben. Letztere pflegen ihre Dejektionen und Abwässer direct in den Fluss zu schütten; sie sind aber andererseits nachweislich auffällig oft an Cholera erkrankt, weil sie das Flusswasser ohne jede Reinigung benutzen. Die Schiffe können ausserdem durch das Bilgewasser (Kielwasser) die Kommabacillen verschleppen, das sie an inficirten Stellen des Flusses in das Schiff nehmen und an anderer stromaufwärts oder abwärts gelegener Stelle wieder in den Fluss lassen.

Auch Grundwasserbrunnen sind der Infektion mit Cholerakeimen ausgesetzt, wenn oberflächliche Rinnsale in den Brunnen führen und dadurch z. B. das zum Reinigen von Wäsche oder von Geschirren benutzte Wasser in den Brunnenschacht gelangt.

Die Existenz lebender Kommabacillen in Wässern, die in der Nähe eines Choleraherdes sich finden und als Ursache der Choleraausbreitung verdächtig sind, stützt sich neuerdings nicht nur auf Vermuthungen und Analogieen mit Laboratoriumsexperimenten, sondern es sind in einer grösseren Anzahl von Epidemieen die Kommabacillen in dem verdächtigen Wasser aufgefunden und durch die PFEIFFER'sche Reaktion (s. Anhang) mit voller Sicherheit differenzirt worden.

Die Infektion mittelst eines Wassers, das Kommabacillen enthält, kann schon dadurch erfolgen, dass dasselbe zum Reinigen des Ess- und Trinkgeschirrs, zum Ausschwenken der Bierseidel u. s. w. benutzt wird. Weitaus am häufigsten kommt sie sicher dadurch zu Stande, dass das betreffende Wasser getrunken wird. Je mehr die Sommerwärme zum Wassertrinken anregt, um so häufiger kommt diese Infektionsgelegenheit in Frage. Sie ist um so gefährlicher, als die Kommabacillen wahrscheinlich gerade mit einem Trunk frischen Wassers am leichtesten ungeschädigt den Magen passiren. Wird Wasser in den Magen eingeführt, so tritt dasselbe in kleinerer Menge sogleich in den Dünndarm über; nach etwa einer Stunde erfolgt rascher Uebertritt des Restes; auch dieser Rest hat dann aber nachweislich nicht sauere Reaktion, so dass kein schädlicher Einfluss auf die Kommabacillen eingewirkt hat und dieselben ungeschwächt in den Dünndarm übertreten können. Das Wasser ist somit das Substrat, in welchem die Kommabacillen am leichtesten bis zum Dünndarm vordringen.

Im Gegensatz zum Wasser hat die Luft als Transportmittel der

Keime keine Bedeutung, weil sie bei demjenigen Grad von Austrocknung, der für einen Transport von Staubtheilchen durch Luftströme Bedingung ist, nicht lebendig bleiben. Nur durch Verspritzen von Flüssigkeiten (Brandung der Meereswellen, Reiben und Schwenken der Wäsche im Waschbottich u. s. w.) werden lebende Kommabacillen auf gewisse Entfernungen durch kleine Wassertröpfchen verbreitet; ebenso können wohl beim Hantiren mit halb getrockneter beschmutzter Wäsche Partikelchen mit noch lebenden Kommabacillen herabfallen oder im nächsten Umkreise verschleudert werden. Dabei vollzieht sich die Verbreitung aber immer nur in demselben Raum und während kurzer Zeit; und dann ist gewöhnlich an solcher Stelle gleichzeitig noch grössere Gefahr gegeben durch die gewiss vorhandene Möglichkeit zur Verbreitung der Infektionserreger mittelst Berührungen und Fliegen. Die Luft bietet also durchaus keine specifische Infektionsgelegenheit. Die besondere Gefahr der Luftinfektion besteht eben nur dann, wenn die infektiösen Theilchen in Form von feinsten Tröpfchen oder Stäubchen in der Luft schweben bleiben und durch Luftströmungen aus der näheren Umgebung der Infektionsquellen hinausgeführt werden können, so dass sie von Menschen, welche gar nicht unmittelbar mit dem Kranken oder dessen Wäsche zu thun haben, eingeathmet und verschluckt oder auf Nahrungsmitteln, die entfernt vom Kranken aufbewahrt sind, deponirt werden.

Dass eine derartige Luftinfektion durch Kommabacillen in der That nicht möglich ist, haben besondere Versuchsreihen mit aller Bestimmtheit dargethan; und gerade durch dieses Fehlen einer Uebertragung mittelst Luftströmungen unterscheidet sich die Verbreitungsweise der Cholera wesentlich von derjenigen der akuten Exantheme.

Von bedeutendem Einfluss auf die Ausbreitung der Cholera ist die individuelle Disposition. In den letzten Epidemieen wurden zahlreiche ganz leicht, kaum unter Krankheitssymptomen verlaufende Cholerafälle, die auch in früheren Epidemieen oft beobachtet waren, von denen es aber damals zweifelhaft blieb, ob sie der asiatischen Cholera zuzurechnen seien, bakteriologisch untersucht. Dabei wurden über Erwarten häufig Kommabacillen constatirt. Die meisten dieser leichten Affektionen gelangen offenbar gar nicht zur Kenntniss eines Arztes.

Des öfteren ist dann aber beobachtet, wie in Folge eines Excesses oder einer Verdauungsstörung, zuweilen auch ohne ersichtlichen Anlass, aus den leichtesten Erkrankungen sich plötzlich ein schwerer Choleraanfall entwickelte. Ebenso konnten bei solchen Personen, welche bereits als genesen galten, welche aber noch Kommabacillen in den Dejektionen hatten, schwere Recidive auftreten; alles Zeichen, dass die Kommabacillen der leichte oder protrahirten Fälle nicht etwa eine Einbusse an Virulenz erlitten hatten.

Die individuelle Empfänglichkeit kann für den Verlauf der Cholerainfektion geradezu ausschlaggebend sein. Bei völlig gesundem Magen werden die Kommabacillen oft schon der Abtödtung durch den Magensaft unterliegen. Sind sie trotzdem in den Darm eingedrungen, so gelangen sie bei manchen Menschen überhaupt nicht oder nur in ganz beschränkter Weise zur Wucherung und verschwinden in einigen Tagen vollständig. Bei anderen Menschen mit normalem Darm scheinen sie sich stark zu vermehren, aber nur gesteigerte Transsudation in den Darm zu veranlassen, ohne beunruhigende Krankheitssymptome hervorzurufen. Erst unter besonderen abnormen Bedingungen erfolgt plötzlich schwere Erkrankung.

Ferner verleiht nach allen Erfahrungen das einmalige Ueberstehen der Cholera in den meisten Fällen eine gewisse Immunität; freilich tritt diese Immunität nicht bei allen Befallenen gleich deutlich hervor und ist von sehr verschiedener, meist nur einige Monate, zuweilen ein Jahr und länger währender Dauer.

Mit der Verbreitungsweise der Cholera, wie sie sich aus den im Vorstehenden aufgeführten, durch Beobachtung und Experiment festgestellten Eigenschaften des Kommabacillus ergiebt, deckt sich vollkommen das, was durch epidemiologische Beobachtung ermittelt ist.

So ist zunächst in sehr vielen Einzelfällen constatirt, dass die Cholera vom Kranken auf die in seiner Nähe befindlichen gesunden Menschen durch Berührungen übertragen wird (Contaktcholera). Die Inkubationszeit beträgt 2—6 Tage. — Durch den Cholerakranken oder dessen Wäsche erfolgt die Verschleppung der Krankheit in bis dahin nicht ergriffene Orte. Zuweilen geschieht dies auf sehr weite Entfernungen hin; so wurde (1865) die Cholera von Odessa nach Altenburg verschleppt; meist aber erfolgt die Verbreitung durch den Naheverkehr. Nach der Einschleppung stecken sich an dem ersten Fall gewöhnlich einige Angehörige an; von diesen greift die Krankheit allmählich auf Nachbarn, auf ferner wohnende Verwandte, auf Arbeitsgenossen u. dgl. über. Die Fäden, welche die nach einander Erkrankten verknüpfen, sind oft mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Von den ersten Cholerakranken aus häufen sich bei ungeschultem Pflegepersonal, bei armer unreinlicher Bevölkerung und in überfüllten Wohnungen, bei sorgloser Behandlung der Cholerawäsche u. s. w. die Uebertragungen durch Berührungen, Fliegen und Nahrungsmittel. Dagegen sind Aerzte, das geschulte Pflegepersonal der Lazarethe, reinlich erzogene Menschen, die mit beschmutzten Fingern weder Mund noch Nahrungsmittel berühren und die Nahrungsmittel nicht in dem Krankenraum aufbewahren, keiner Infektion ausgesetzt.

Vielfach sind aber Choleraepidemieen constatirt, welche einen wesentlich anderen Typus zeigen: es sind dies die explosionsartig ausbrechenden Massenepidemieen. Diese konnten stets auf eine Infektion der gemeinsamen Wasserversorgung zurückgeführt werden (Hamburg, Nietleben). Dagegen hat man sehr oft beobachtet, dass Städte, die ein der Infektion nicht zugängliches Wasser benutzen, von explosionsartigen Choleraepidemieen sicher verschont bleiben, oder dass früher ergriffene Städte nicht wieder ergriffen wurden, nachdem sie eine tadellose Wasserversorgung eingeführt hatten (Waisenhaus in Halle a. S., Calcutta, Altona u. a. m.).

Von verschiedenen Epidemiologen (v. Pettenkofer) ist darauf hingewiesen worden, dass sich manche Eigenthümlichkeiten in der örtlichen und zeitlichen Vertheilung der Choleraepidemieen nicht mit Hülfe jener Lebenseigenschaften des Kommabacillus genügend erklären lassen, sondern dass dies nur gelinge unter der Annahme eines vom Boden ausgehenden örtlich und zeitlich wechselnden Einflusses.

Thatsächlich beobachtet man, dass die Cholera in den befallenen Ländern, Provinzen und Städten nicht eine gleichmässige Ausbreitung zeigt, sondern dass starke örtliche Verschiedenheiten hervortreten. Manche Provinzen und Städte werden auch bei wiederholten Zügen der Cholera stets in auffällig geringem Grade ergriffen. Einige grössere Städte blieben bisher völlig von Cholera verschont (Rouen, Versailles, Hannover, Stuttgart, Frankfurt a. M.). — Auch innerhalb ein- und derselben Stadt treten örtliche Unterschiede in der Cholerafrequenz hervor.

Ebenso ist die jahreszeitliche Vertheilung der Cholerafälle keine gleichmässige, sondern zeigt auffallend starke Schwankungen. Im endemischen Gebiet der Cholera pflegt die Frequenz im Laufe der Regenzeit allmählich abzunehmen, in der regenlosen Zeit und im ersten Anfang der Regenzeit zu steigen. In Mitteleuropa tritt die Cholera vorzugsweise im Spätsommer und Herbst epidemisch auf; in den Gegenden, wo der Tiefstand des Grundwassers in den Herbst zu fallen pflegt, trifft das Maximum der Cholera ungefähr mit dem tiefsten Stande des Grundwassers zusammen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

Indess erklären sich alle diese örtlichen und zeitlichen Differenzen sehr wohl aus selbstverständlichen Verschiedenheiten in Bezug auf die Behandlung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die persönliche Empfänglichkeit.

Oertliche Differenzen kommen schon dadurch zu Stande, dass der eine Ort resp. das eine Land der Einschleppung viel stärker ausgesetzt ist, als andere. Grosse Hafenstädte, die östlichen Provinzen Deutschlands sind stärker exponirt als im Innern gelegene Städte und Provinzen. Ferner verringern alle die oben (S. 621) besprochenen Momente, z. B. gute Organisation der Anzeigepflicht, Vorkehrungen zur Isolirung des Kranken und zur Desinfektion, gute Schwemmcanalisation u. s. w. die Chancen der Ausbreitung für eine Stadt. In demselben Sinne wirkt gut geschultes Pflegepersonal, sorgfältige Behandlung der Nahrung, tadellose Wasserversorgung, mässige Lebensweise. Viele dieser, die Disposition herabsetzenden Einflüsse gehen Hand in Hand mit Wohlhabenheit, geringer Wohndichtigkeit und Gewöhnung an Reinlichkeit. Vergleichende Untersuchungen zeigen dementsprechend, dass die Cholerafrequenz in auffälliger Weise

	München			Preussen		
	Cholera (1835 bis 1884)	Regen (28 jähr. Mittel)	Grundwasser[1]	Cholera (1848—59 Preussen)	Regen (Berlin 16 jähr. Mittel)	Grundwasser[2] (Berlin)
		mm			mm	
Januar	442	53·3	0·55	4576	40·3	0·72
Februar	94	29·6	0·54	1596	34·8	0·79
März	78	48·5	0·60	340	46·6	0·88
April	30	55·6	0·64	181	32·1	0·96
Mai	—	95·1	0·67	342	39·8	0·88
Juni	1	111·9	0·72	8713	62·2	0·69
Juli	15	108·8	0·73	16672	66·2	0·56
August	1868	104·4	0·72	63728	60·2	0·45
September	1066	68·1	0·63	102810	40·8	0·40
October	138	53·1	0·54	65777	57·5	0·38
November	651	50·0	0·49	32836	44·5	0·47
December	861	42·9	0·51	13765	46·2	0·50

zunimmt in Provinzen und Städten mit geringer Wohlhabenheit und grosser Wohndichtigkeit. Wie sehr auch innerhalb derselben Stadt die Armen von der Cholera bevorzugt werden, geht z. B. aus einer von Körösi für Budapest aufgestellten Statistik hervor. Danach betrug die Intensität des Auftretens folgender Krankheiten bei Armen, wenn die Intensität bei Wohlhabenden = 100 gesetzt wird,

für Cholera	211	für Typhus	114
„ Blattern	174	„ Masern	106
„ Phthise	148	„ Keuchhusten	73

Auch das zeitliche Vorherrschen der Cholera im Spätsommer und Herbst (wovon übrigens zahlreiche Ausnahmen vorkommen, z. B. die Winterepidemieen in München, Schlesien, Petersburg u. s. w.) erklärt sich aus ähnlichen Momenten. Die Vermehrungsfähigkeit der Kommabacillen im Flusswasser bei höherer Temperatur, die Verschleppung des Contagium, durch Fliegen, der vermehrte Genuss von Wasser und roher Nahrung, namentlich aber die in dieser Jahreszeit bei einem sehr grossen Theil der Bevölkerung verbreiteten Verdauungsstörungen und die damit gegebene individuelle Disposition einer ganzen Bevölkerung, erklären ungezwungen das häufige Anschwellen der Epidemieen gerade im Herbst. Aber andererseits sind alle diese Momente nicht derart unumgänglich erforderlich resp. nicht so ausschliesslich auf den Herbst beschränkt, dass nicht auch zu anderer Zeit gelegentlich Epidemieen vorkommen könnten, und dementsprechend fällt auch die Akme manchmal in den Winter, manchmal in das Frühjahr.

Somit bleibt im Grunde kein Raum für irgend ein anderes, neben dem Kommabacillus die örtliche und zeitliche Ausbreitung der Cholera in maassgebender Weise beeinflussendes Moment. Tritt hier und da das Bedürfniss

[1] Grundwasserstand über dem Nullpunkt; letzterer 515 m über dem Adriatischen Meer (nach Soyka).

[2] Nullpunkt 32 m über dem Adriatischen Meer (nach Soyka).

hervor, mitwirkende Ursachen für eine auffällige örtliche oder zeitliche Vertheilung der Cholerafrequenz heranzuziehen, so liegt es am nächsten, auf die noch wenig erforschte individuelle Empfänglichkeit, vielleicht auch auf die Möglichkeit einer Mitwirkung anderer Darmbakterien zurückzugreifen.

Dass aber, wie es die Ansicht der Lokalisten ist, der Boden und das Grundwasser irgend welchen directen Einfluss auf den Choleraerreger und dadurch auf die Cholerafrequenz ausübe, dafür fehlen alle Anhaltspunkte. Die Beweise, welche für einen solchen Zusammenhang hervorgebracht wurden, haben sich sämmtlich nicht als stichhaltig erwiesen. Den Fällen, wo ein Felsoder Lehmboden Choleraimmunität und durchlässiger Boden Disposition bewirkt haben sollte, stehen andere Beobachtungen gegenüber, wo gerade die gegentheilige Beziehung herrschte. Auch die Grundwasserbewegung zeigt sehr oft Abweichungen von der behaupteten Congruenz mit der Choleraausbreitung, und da, wo die Congruenz vorhanden ist, erklärt sie sich ungezwungen daraus, dass sowohl die Choleraakme wie der niedrigste Grundwasserstand in den Herbst fallen. So lange aber nicht zwingende Thatsachen uns auf einen Zusammenhang der Cholerafrequenz mit dem Boden hinweisen, müssen wir schon deshalb von der Bodenhypothese absehen, weil sie nicht im mindesten zur Aufklärung beizutragen vermag, sondern nur verdunkelt. Denn nach allem, was jetzt über die Beziehungen zwischen Boden und Mikroorganismen experimentell ermittelt ist (s. S. 195), können wird uns gar keine begründete Vorstellung darüber machen, wie der Choleraerreger in den Boden hinein- und aus dem Boden herausgelangen oder in welcher Weise sonst irgendwie der Boden auf den Infektionserreger resp. auf den Infektionsvorgang von Einfluss sein sollte.

Prophylaktische Maassregeln. Sehr wichtig ist die Vorbereitung jeder Stadt durch Bekämpfung der lokalen Disposition im contagionistischen Sinne, d. h. durch Beschaffung von Isolirspitälern, geschulten Pflegern, Kranken-Transportwagen, Desinfektionskolonnen, Canalisation u. s. w.

Die Hinderung der Einschleppung ist nach den von der Dresdener Cholera-Conferenz 1893 gefassten Beschlüssen zu regeln. Sie erfolgt in den Häfen durch Revision und Quarantäne der aus verseuchten Ländern kommenden Schiffe (nach den S. 561 gegebenen Grundsätzen), an den gefährdeten Stellen der Landesgrenzen durch Revision der im täglichen Verkehr die Grenze passirenden Arbeiter, Händler u. s. w. und Isolirung der Erkrankten. Eine Revision und Desinfektion der Eisenbahnreisenden und ihres Gepäcks ist überflüssig. — Strengere Maassregeln sind gegenüber dem Verkehr auf schiffbaren Flüssen indicirt. Auf besonderen Controlstationen sind dort die Schiffe anzuhalten, das Personal ärztlich zu untersuchen; wenn Choleraverdächtige gefunden werden, sind diese nebst den übrigen Insassen des Schiffs in eine Isolirbaracke zu schaffen, das Schiff ist zu desinficiren und hat 6tägige Quarantäne durchzumachen. In Bezug auf Waaren hat die Dresdener Conferenz bestimmt, dass Einfuhrverbote gegen verseuchte Länder und Ausfuhrverbote von Choleraherden aus

erlassen werden dürfen bezw. müssen für Leibwäsche, getragene Kleider, gebrauchtes Bettzeug und solche Lumpen, welche noch nicht in der im Grosshandel üblichen Weise hergerichtet und verpackt sind. Von anderen Waaren sind nur solche einer Desinfektion zu unterziehen, von denen anzunehmen ist, dass sie thatsächlich mit Choleraentleerungen beschmutzt sind. Der Briefverkehr soll von Beschränkungen völlig frei bleiben; die Behandlung von Postpacketen richtet sich je nach ihrem Inhalt nach den für Waaren im Allgemeinen gegebenen Bestimmungen.

Die Isolirung des Erkrankten soll, wenn dieser zustimmt, in einem Lazareth geschehen, namentlich bei den ersten Fällen. Gegen den Willen des Erkrankten sollte die Ueberführung nur ausnahmsweise bewirkt werden, da rigorose Maassregeln leicht zu der besonders zu fürchtenden Verheimlichung von Erkrankungen führen. Die Absperrung im Hause muss unter Zuziehung geschulter und mit der Desinfektion vertrauter Pfleger geschehen. Die Desinfektion während und nach Ablauf der Krankheit hat nach den oben gegebenen Vorschriften zu erfolgen. Leichen sind nur vom Leichenhaus (Lazareth) aus zu bestatten. Von da aus darf nach vorschriftsmässigem Einsargen ein Leichengefolge erlaubt werden.

Für Beschaffung unverdächtigen Wassers (event. durch Abyssinierbrunnen) ist zu sorgen; bei Flusswasserversorgungen muss der Filterbetrieb sorgfältig controlirt werden; steht kein anderes als verdächtiges Wasser zur Verfügung, so ist alles zur Verwendung gelangende Wasser 5 Minuten zu kochen. — Verdächtige Nahrungsmittel sind vor dem Genuss zu kochen resp. trockener Hitze auszusetzen.

Die persönliche Empfänglichkeit ist durch vorsichtige Lebensweise und sorgfältige Beachtung jeder gastrischen Störung herabzusetzen. Die Bevölkerung ist durch öffentliche Bekanntmachungen über den günstigen Einfluss penibelster Reinlichkeit und der Sorgfalt in der Zubereitung der Nahrung, sowie über die Gefahr, welche Excesse und Gastricismen bedingen, zu belehren. — Schutzimpfungen nach der Haffkine-Pfeiffer'schen Methode können unter den S. 616 dargelegten Einschränkungen Verwendung finden und zur Eindämmung der Seuche beitragen.

4. Abdominaltyphus.

Der Procentsatz, mit welchem sich der Abdominaltyphus an der Sterblichkeit betheiligt, ist im Allgemeinen kein bedeutender (1 bis 3 Procent); jedoch ist das zeitweise Auftreten in stärkeren Epidemien geeignet, Beunruhigung hervorzurufen.

Als ursächliche Erreger des Abdominaltyphus sind ausschliesslich die S. 62 beschriebenen Bacillen anzusehen. In die menschliche Umgebung gelangen dieselben vorzugsweise durch die Absonderungen, die Wäsche u. s. w. von Typhuskranken. Zwischen Infektion und Ausbruch der Krankheit liegt im Mittel eine Inkubationszeit von 2—3 Wochen. Dass die Bacillen in ähnlicher Verbreitung wie Saprophyten im Boden oder Wasser vorhanden sind, oder dass sie aus verbreiteten Saprophyten gelegentlich entstehen, ist nach dem jetzigen Stande der Forschung nicht anzunehmen.

Als Infektionsquellen kommen die Dejektionen und der Harn des Kranken in Betracht, und zwar auch von leicht Kranken, die oft erst nach Wochen oder überhaupt nicht bettlägerig sind, sowie von Reconvalescenten, deren Harn namentlich noch nach Monaten zeitweise Massen von Typhusbacillen enthalten kann. Da die Typhusbacillen sowohl im trockenen Zustande wie namentlich auch in flüssigen Substraten in Gemeinschaft mit Saprophyten mehrere Monate lebensfähig bleiben, erstrecken sich die Infektionsquellen erheblich weiter, als z. B. bei der Cholera; nicht nur Wäsche, Kleider (Beinkleider) u. s. w. können infektiös sein, sondern auch der Tonnen- und Grubeninhalt, in welchen Typhusinjektionen gelangt sind, die Bodenoberfläche, auf welche Dejektionen entleert sind, oder Ackererde, die mit solchem Grubeninhalt gedüngt war. — Von der Bodenoberfläche aus oder durch das Spülwasser der Wäsche können die Bacillen ferner in Schachtbrunnen gerathen und das Trinkwasser inficiren; noch leichter erfolgt diese Infektion, wenn das Trink- und Brauchwasser aus einem Flusse bezogen wird, welcher die Abwässer aus Wohnungen oder von Schiffern aufnimmt.

Innerhalb des Wohnhauses können Theilchen der Dejektionen leicht auf Nahrungsmittel gelangen (z. B. in Milch); und hier wird unter günstigen Umständen eine Vermehrung der Erreger stattfinden. Auch im Boden und Wasser vermögen die Typhusbacillen wohl unter gewissen Umständen eine Vermehrung zu erfahren, ohne dass jedoch hierdurch eine wesentlich grössere Infektionsgefahr zu Stande kommt.

Als Transportwege fungiren zunächst Berührungen von Infektionsquellen einerseits, des Mundes andererseits. Bei Wärtern und Angehörigen bestehen erhebliche Chancen für diesen Infektionsmodus; man beobachtet in Folge dessen nicht selten, dass das Wartepersonal der Typhusstation in Hospitälern und ebenso die Wäscherinnen, welche die Wäsche der Typhuskranken zu besorgen haben, inficirt werden. Kommen solche Fälle schon bei einem geschulten Personal und in gut eingerichteten Krankenhäusern vor, so ist kein Zweifel, dass in

Privatquartieren diese Art der Uebertragung ausserordentlich viel häufiger sich ereignen und geradezu einen erheblichen Procentsatz der Infektionen veranlassen wird. Bei dichter Bewohnung, schlechter Entfernung der Abfallstoffe, Verunreinigung der Bodenoberfläche in der Nähe der Wohnung können sich sehr umfangreiche, rasch ansteigende Contaktepidemieen entwickeln, die dem Verlauf der Wasserepidemieen ähnlich sind.

Der zweite häufig vorkommende Infektionsmodus ist der durch das Trinkwasser. Derselbe liegt namentlich plötzlich ausbrechenden Epidemieen zu Grunde. Werden centrale Wasserleitungen inficirt, wozu wiederum Flusswasserleitungen besonders disponirt sind, so können gleichzeitige Masseninfektionen von enormem Umfang entstehen (Liegnitz, Fünfkirchen). Ferner werden oft kleinere, scharf begrenzte Gruppenerkrankungen beobachtet, bei welchen constatirt ist, dass alle Erkrankten aus dem gleichen, gegen verdächtige Einflüsse nicht genügend geschützten Brunnen getrunken hatten. Nicht selten kommt es zur Infektion bisher unverdächtiger Brunnen und Quellen durch abnorm starke Niederschläge, Schneeschmelze, Ueberschwemmungen, welche ein Einsickern von Oberflächenwasser bewirken. — Einige Male scheinen in verdächtigen Brunnen auch echte Typhusbacillen nachgewiesen zu sein, während meistens Verwechselungen mit ähnlichen Bakterien nicht genügend ausgeschlossen sind. Ausserdem ist des Oefteren constatirt, dass Ortschaften, die mit reinem Quell- und Leitungswasser versorgt sind, relativ wenig unter Abdominaltyphus zu leiden haben und dass eine gutangelegte Wasserversorgung in derselben Stadt eine Verringerung der Erkrankungsfälle verursachte. — An die steil aufsteigende Curve der durch Wasser verursachten Erkrankungen schliesst sich nach Ablauf von etwa 4 Wochen meist eine neue Erhebung der Curve an, die durch Contakte von den zahlreichen Ersterkrankten aus verursacht ist.

Es darf allerdings nicht übersehen werden, dass bei Aerzten und Laien die entschiedene Neigung besteht, alle Typhusinfektionen ohne Weiteres auf Rechnung des Wassers zu setzen. Zur Zeit lautet fast jedes ärztliche Gutachten über die Aetiologie einer Typhusepidemie dahin, dass im Wasser die Ursache zu suchen sei. Man sucht dabei entweder zu zeigen, dass die am Typhus Erkrankten ihr Wasser sämmtlich aus einem bestimmten Brunnen bezogen haben und dass sonst Nichts den Kranken Gemeinsames und der Infektion Verdächtiges vorgelegen hat; also die Uebereinstimmung der lokalen Begrenzung der Epidemie mit der lokalen Begrenzung des Versorgungsbereichs des Brunnens bildet das Argument. Dieser Beweis ist aber oft nicht fehlerfrei, weil man dabei auf die Aussagen zahlreicher Menschen angewiesen ist, die gewöhnlich derartigen Erhebungen ein grosses Misstrauen entgegenbringen und oft nicht die Wahrheit sagen. Durchaus unrichtig würde es sein, wollte man sich etwa nur auf die Aussagen der Erkrankten beschränken. Ist der Versorgungs-

bereich des Brunnens sehr gross, haben z. B. 500 Menschen daraus getrunken und 3 oder 4 sind erkrankt, so spricht das nicht für Infektiosität des Wassers, die vielleicht durch ausschliessliches Befragen der Erkrankten wahrscheinlich geworden wäre. — Zu bedenken ist, dass mit aller Sicherheit viele Fälle von Gruppenerkrankungen beobachtet sind, wo eine Infektion durch Wasser auszuschliessen und durch Milch, begünstigte Contakte u. s. w. erfolgt war. — Eine andere Art der Beweisführung stützt sich darauf, dass der verdächtige Brunnen geschlossen wurde und dass dann nach einiger Zeit die Epidemie aufhörte. Da wir aber wissen, dass die Typhusepidemieen fast stets einen zeitlich begrenzten Verlauf haben, auch ohne dass irgend etwas am Brunnen geschieht, und da sehr häufig die Schliessung des Brunnens erst nach längerer Dauer der Epidemie zur Ausführung gelangt, zu einer Zeit, wo auch ohne jeden Eingriff ein Aufhören der Epidemie wahrscheinlich war, so ist es keineswegs ohne Weiteres zulässig, in dem Brunnenschluss den Grund für die Beseitigung der Infektionsquelle zu erblicken.

Diese Skepsis, die für die wissenschaftliche Beweisführung unerlässlich ist, darf natürlich nicht hindern, dass in der Praxis jeder Brunnen als verdächtig bezeichnet und einstweilen geschlossen wird, in den möglicher Weise infektiöse Abwasser gelangen können. Eine völlig sichere Aufklärung der Aetiologie gelingt eben beim Typhus schon wegen der langen Inkubationszeit selten und man muss daher praktisch meistens mit Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten rechnen.

Drittens können Infektionen durch Nahrung stattfinden; einmal durch solche pflanzliche Nahrungsmittel, welche aus einem mit Typhusbacillen imprägnirten Boden stammen. Gemüse aus Garten- und Ackerland, welches unmittelbar an die Stadt grenzt und mit frischem Tonnen- und Grubeninhalt aus städtischen Häusern gedüngt ist, bietet besondere Infektionsgefahr. Ferner kann der Genuss von Nahrungsmitteln, welche in der Wohnung mit Infektionsquellen (z. B. auch mit infektiösem Staub von angrenzendem Gartenland) in Berührung gekommen sind, die Uebertragung bewirken.

Selten wird eine Infektion durch Einathmung erfolgen. Vielleicht mag es in der Nähe von Gartenland, das mit infektiösem Material gedüngt ist, gelegentlich zu einer Aufnahme von Typhusbacillen mit der Inspirationsluft und demnächst zum Verschlucken des mit den Keimen beladenen Schleims und Speichels kommen. Für gewöhnlich werden da, wo die Möglichkeit zu dieser Art der Infektion gegeben ist, die übrigen Transportwege stets breiter und betretener sein.

Die individuelle Disposition scheint ähnlich wie bei der Cholera von grosser Bedeutung zu sein. Sie ist zwischen dem 15. und 30. Lebensjahre am grössten. Gastricismen, Obstipation befördern anscheinend die Entstehung der Krankheit; Gemüthsbewegungen wohl nur insofern, als sie leicht zu Gastricismen und zu grosser Sorglosigkeit in der Nahrungsaufnahme führen. — Nach einmaligem Ueberstehen der

Krankheit bleibt eine Immunität gewöhnlich für lange Zeit zurück; zuweilen sind Recidive nach 5—10 Jahren beobachtet.

Eine ausgesprochene örtliche Disposition zeigt der Abdominaltyphus nicht. Immune Zonen, Länder und Orte existiren nicht. In Island, Finnland, Mittel- und Südeuropa, Indien, Cochinchina, China, Australien, Capland, Nord-, Mittel- und Südamerika kommt Abdominaltyphus in grosser Ausdehnung vor. Länder, die man früher wohl für immun gehalten hat, wie Indien, Algier, haben seither nachweislich schwere Typhusepidemieen durchgemacht. Eine vermeintliche Immunität einzelner Städte besteht immer nur für einige Jahre, wir sehen, dass gerade der Abdominaltyphus ungemein starke Schwankungen der Frequenz an demselben Orte zeigt und dass Perioden grösserer und geringerer Typhusmortalität abwechseln. Diese Schwankungen erschweren die Vergleichung verschiedener Städte bedeutend, und lassen eine solche nur innerhalb sehr langer Zeiträume zulässig erscheinen. Uebrigens sind gewisse Differenzen der örtlichen Frequenz selbstverständlich, da nach der Art des Wasserbezugs, der Entfernung der Abfallstoffe u. s. w. die Infektionsgelegenheiten in verschiedenen Städten erheblich variiren.

Auch eine deutliche zeitliche Disposition macht sich beim Auftreten des Abdominaltyphus nicht immer bemerkbar, wie aus folgender (dem Werke von Hirsch entnommenen) Tabelle hervorgeht:

			Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Schweden	1858—77	Kranke	44750	49334	51573	42354
Hamburg	1873—80	Todte	286	390	453	317
Berlin . .	1854—79	„	3625	5384	3100	2685
Breslau . .	1863—78	„	646	774	591	510
Leipzig . .	1851—65	Kranke	299	378	236	139
Prag . . .	1874—76	„	237	239	428	335
Bayern . .	1857—70	Todte	10758	11648	12722	12037
München .	1852—68 u. 1873—79	„	1164	1153	2120	1691
Basel . . .	1824—73	„	557	710	528	418
London . .	1848—62	Kranke	716	1072	541	328
Paris . . .	1867—78	Todte	1005	1646	928	573

Die für ganze Länder erhobenen Zahlen zeigen so gut wie keine jahreszeitliche Schwankung. In der Mehrzahl der Städte ist aber eine Steigerung der Typhusfälle im Herbst bemerkbar; in München und Prag liegt die Akme im Winter. Die Steigerung der Frequenz im Herbst ist dem Abdominaltyphus mit den verschiedensten Erkrankungen der Verdauungsorgane gemeinsam und vermuthlich zum Theil auf die gesteigerte Disposition zu allen Verdauungskrankheiten zurückzuführen. Bei der Verbreitung des Typhus durch Wasser ist ausserdem vielleicht ähnlich wie bei der Cholera in der hohen Temperatur des Wassers im Herbst ein einflussreiches Moment gegeben. Auch die in dieser Jahreszeit besonders starke Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösen Keimen, sowie Gebräuche bei der Feld- und Gartenarbeit, das Aufbringen des Düngers und das Einholen der Gemüse mögen von Einfluss auf die herbstliche Akme sein.

Nach v. PETTENKOFER ist die Typhusfrequenz in vielen Städten vom Grundwasserstande abhängig. In der That ist in München, Salzburg, Frankfurt a. M., Berlin u. s. w. regelmässig ein Zusammenfallen der höchsten Frequenz mit dem Absinken des Grundwassers beobachtet, und diese Coïncidenz ist um so auffallender, als sie an einigen Orten unbekümmert um die Jahreszeit auftritt; in Berlin im Spätsommer und Herbst, in München im Winter. Im Kap. IV. ist dargelegt, weshalb trotzdem die von PETTENKOFER gezogenen Folgerungen einer bedeutungsvollen Rolle des tieferen Bodens und des Grundwassers nicht als richtig anerkannt werden können. Vielmehr verweist uns dieser Zusammenhang lediglich auf eine gewisse Bedeutung der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, wenn nicht die eigenthümliche Coïncidenz in völlig anderer Weise durch abweichende Sitten und Gebräuche ihre schliessliche Erklärung findet.

Vor allem würde es aber durchaus unrichtig sein, wollte man die gesammten Typhusfälle als abhängig vom Grundwasserstande bezeichnen. Die Steigerung, welche die Zahl der Typhusfälle in dem Quartal mit niedrigstem Grundwasserstand über die durchschnittliche Zahl der anderen Quartale erfährt, beträgt nur 10—20 Procent der gesammten Typhusfälle (in Berlin 17 Procent). Liegt wirklich in dem Sinken des Grundwassers ein die Ausbreitung des Typhus begünstigendes Moment, so wirkt dasselbe demnach jedenfalls nur auf einen kleinen Bruchtheil aller Typhusfälle, und der ganze grosse Rest kommt auch ohne diese Mitwirkung und trotz Ansteigens und Hochstandes des Grundwassers zu Stande.

Die prophylaktischen Maassnahmen sind ähnlich wie die gegen die Cholera empfohlenen. Sie bestehen in Isolirung, organisirter Krankenpflege und Desinfektion; ferner in guter Beseitigung der Abfallstoffe und Sorge für gutes Wasser aus Brunnen oder centralen Leitungen. Besondere Vorsichtsmaassregeln sind anzuwenden, wenn in Milchwirthschaften, Schlächtereien und Gemüsehandlungen Typhusfälle vorkommen. In Zeiten von Epidemieen ist es empfehlenswerth, die Nahrung nur in gut gekochtem Zustand zu geniessen. Das Pflegepersonal muss durch genaue Instruction, durch täglich mehrmals vorzunehmende Desinfektion der Hände, und durch sofortige Beseitigung der inficirten Wäsche geschützt werden. Für Angehörige und Pfleger empfiehlt sich unter besonderen Umständen eine Schutzimpfung nach dem PFEIFFER-KOLLE'schen Verfahren.

5. Variola.

Ueber Cytoryctes variolae, die als Erreger der Pocken angesprochene Amoebenart s. S. 82. — Das Contagium ist in den Hautschuppen, dem Sputum und Nasensekret der Kranken enthalten. Es ist im trockenen Zustand lange Zeit, nach einzelnen Angaben über drei Jahre, lebensfähig. Wäsche, Kleider und alle sonstigen vom Kranken benutzten Gebrauchsgegenstände repräsentiren daher gefährliche Infektionsquellen, die auch ohne dass sichtbare Beschmutzung vorliegt, Massen von In-

fektionserregern enthalten können. Ebenso ist die Luft der Krankenräume als bedenkliche Infektionsquelle anzusehen, da sie das Contagium sowohl in Form von Tröpfchen, die beim Husten und Sprechen versprüht sind, als auch in Form von trockenem Staub enthalten kann.

Als Transportwege fungiren vor allem Berührungen der verschiedensten Art, directe und indirecte; ferner die Einathmung der Luft von Krankenräumen. Auch die Luft im Freien soll in der Nähe von Pockenspitälern die Uebertragung der Krankheit mehrfach bewirkt haben; jedoch ist in keinem dieser Fälle jeder andere Infektionsmodus sicher auszuschliessen. Gelegentlich kann der Transport der Erreger auch durch Nahrungsmittel (Milch) und durch Insecten erfolgen.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich auf alle Lebensalter. Eine im Mittel zehn Jahre und länger dauernde Immunität wird durch Ueberstehen der Krankheit bewirkt; in einzelnen Ausnahmefällen scheinen frühere Recidive vorzukommen.

Eine örtliche Disposition tritt in manchen Ländern hervor. So veranlassten die Pocken in den einzelnen Provinzen Preussens 1816—1874 folgende Todesfälle pro 100000 Einwohner:

Provinz Preussen	13·8	Provinz Schlesien . . .	9·6
„ Brandenburg . .	9·8	„ Sachsen	7·3
„ Pommern . . .	8·1	„ Westfalen . . .	7·0
„ Posen	21·0	„ Rheinland . . .	5·5

Führt man die Berechnung nach kleineren Bezirken durch, so erhält man noch weit stärkere Differenzen; z. B. im Reg.-Bez. Aurich 1·0; Schleswig 1·8; Wiesbaden 2·2; dagegen in Bromberg 22·4 pro 10000.

Diese örtliche Disposition harmonirt mit der Häufigkeit der Einschleppung von verseuchten Ländern, namentlich aber mit der Wohlhabenheit der Provinzen und den mit dieser variirenden Sitten und Gebräuchen. Die schlechten Wohnverhältnisse in den östlichen Landestheilen, die längere Dauer des Winters daselbst, welche zu längerem Aufenthalt in geschlossenen Räumen nöthigt, die geringere körperliche Reinlichkeit der dort vorhandenen slavischen Volksreste, namentlich auch die schwierigere Durchführung der allgemeinen Impfung begünstigen die Uebertragung der Krankheit. — Zur Heranziehung irgend welcher anderer der Lokalität anhaftender Einflüsse auf die örtliche Vertheilung der Pocken liegt keinerlei Anlass vor.

Zeitliche Schwankungen finden sich mehrfach; z. B. in tropischen und subtropischen Gegenden und besonders da, wo starke Contraste zwischen Sommer und Winter hervortreten. Die stärkere Häufung der Pocken erfolgt regelmässig im Winter und erklärt sich, wie bereits S. 133 näher ausgeführt wurde, durch den vermehrten Aufenthalt der

Menschen in geschlossenen Räumen und die Erschwerung der Reinigung von Körper, Kleidung und Wohnung.

Die prophylaktischen Maassregeln können sich zunächst auf strenge Absperrung des Kranken (im Isolirspital), auf Pflege durch geschulte und gegen Pocken immune Wärter, auf energische Desinfektion während und nach der Krankheit und schleunige Schutzimpfung der einer Ansteckung exponirten Personen erstrecken. — Da aber der Kranke meist schon ehe die Erkrankung zur Kenntniss der Behörden gelangt, weitere Uebertragungen veranlasst hat, und da gegenüber einer grösseren Zahl von Erkrankten Isolirung und Desinfektion nicht überall mit der hier nöthigen und allein wirksamen rigorosen Strenge durchzuführen ist, so reichen unsere sonst üblichen prophylaktischen Maassnahmen zur Bekämpfung dieser Krankheit oft nicht aus. Es wird dies durch die neuere Pockenstatistik derjenigen Länder und Städte bestätigt (Frankreich, Oesterreich), in welchen die moderne Desinfektionstechnik bereits seit mehreren Jahren Eingang gefunden hat und eine Isolirung der Erkrankten seit lange versucht ist, ohne dass eine Hemmung der Ausbreitung gelungen wäre (s. unten).

Bei den Pocken bietet andererseits eine Schutzimpfung besonders günstige Aussichten, weil hier ein Impfstoff vorhanden ist, der mit ausserordentlicher Zähigkeit seinen bestimmten Virulenzgrad beibehält, der ferner eine sehr mässige, durchaus unbedenkliche Impfkrankheit erzeugt und schliesslich einen sicheren Impfschutz auf die Dauer von nahezu 12 Jahren und länger gewährt.

Dieser Impfstoff ist von dem englischen Landarzt Edward Jenner in der Lymphe der Kuhpocke entdeckt. Die Kuhpocken entstehen durch zufällige Uebertragung menschlicher Variola (besonders beim Melken), seit Einführung der Impfung auch durch Vaccinepusteln, und repräsentiren eine abgeschwächte Varietät des Pockenvirus, die unter dem Einfluss des wenig empfänglichen Körpers der Kuh oder des Kalbes entsteht. Die Kuhpocken befallen vorzugsweise weibliche Thiere, die dann unter 2—3 tägigem Fieber erkranken und am Euter Pusteln zeigen, deren Sekret beim Menschen ähnliche Pusteln hervorruft. Jenner fand den Volksglauben, dass das Ueberstehen der Kuhpocken gegen Variola Schutz verleihe, bereits vor, er lieferte aber im Jahre 1796 erst den bestimmten Beweis für diese Schutzkraft dadurch, dass er die mit Kuhpocken geimpften Menschen nachher mit echten Pocken inficirte, ein Experiment, welches ihm durch die damalige Sitte der Variolation ermöglicht wurde. Ferner zeigte Jenner, dass die Uebertragung der Kuhpocken von Mensch zu Mensch möglich sei und dass dieser humanisirte Impfstoff die gleiche Schutzkraft äussert, wie der vom Thier stammende animale Impfstoff. Dadurch wurde in damaliger Zeit, wo man die Kuhpocken für eine besondere, nur spontan und selten auftretende Krankheit hielt, und wo man von deren künstlicher Uebertragbarkeit von Thier zu Thier noch nichts wusste, überhaupt erst die Ausführbarkeit der Impfung in grossem Maassstabe und ein Impfzwang möglich.

Ohne die gesetzliche Einführung eines allgemeinen Impfzwangs erwies sich die JENNER'sche Schutzimpfung nicht genügend, um die Ausbreitung der Pocken zu hemmen. Viele entziehen sich aus Leichtsinn oder Unglauben der Impfung; durch diese werden dann auch alle die zahlreichen Menschen in Gefahr gebracht, bei welchen durch ungenügend ausgeführte, erfolglose oder nicht rechtzeitig wiederholte Impfung der Impfschutz ausgeblieben war.

In Deutschland ist daher gesetzlich bestimmt, dass jedes Kind vor Ablauf des Kalenderjahres, welches auf das Geburtsjahr folgt, zum ersten Male, vor Ablauf des Jahres, in welchem die Kinder ihr 12. Lebensjahr vollenden, zum zweiten Male (Revaccination) geimpft wird. Der gesetzlichen Pflicht ist genügt, wenn mindestens eine Impfpustel entwickelt ist; wünschenswerth ist die Entwicklung von vier Pusteln, da sich gezeigt hat, dass der Grad der Schutzimpfung von der Zahl der entwickelten Pusteln abhängig ist. (Pockenkranke mit einer schlechten Narbe lieferten noch 12 Procent Todesfälle, solche mit zwei guten Narben 2·3 Procent, mit vier guten Narben 0·05 Procent.)

Der Impfzwang erscheint indess nur dann gerechtfertigt, wenn der Schutz gegen Variola unzweifelhaft feststeht und wenn zweitens keine Gesundheitsschädigung durch die Impfung bewirkt wird.

Die Schutzkraft der Pockenimpfung geht zunächst auf das Bestimmteste hervor aus dem durchweg negativen Ergebniss der von JENNER und seinen Zeitgenossen in mehreren Tausenden von Fällen vorgenommenen Experimente, in welchen die geimpften Individuen nachträglich mit Inhalt von echten Variolapusteln geimpft wurden.

Ferner ergiebt sich diese Schutzkraft in schlagender Weise aus den statistischen Zusammenstellungen. Freilich dürfen diese nicht etwa in der Weise ausgeführt werden, dass nur eine Anzahl von Pockenkranken befragt wird, ob sie in der Jugend geimpft seien. Die so erhaltenen Aussagen sind stets unsicher, lauten aber meist, fälschlicher Weise, bejahend, da z. B. in Preussen seit 1835 das Unterlassen der Impfung mit Polizeistrafe bedroht war.

In richtigerer Weise hat man in Städten, welche von stärkeren Pockenepidemieen heimgesucht waren, eine Statistik zu gewinnen versucht, indem man nach Ausweis der amtlichen Impflisten die Zahl der überhaupt Geimpften und die der Nichtgeimpften und ferner die Zahl der unter den Pockenkranken vorhandenen Geimpften und Ungeimpften feststellte. Bei einer solchen Zusammenstellung, z. B. in Chemnitz, hat sich ergeben, dass nur etwa 1·6 Procent Erkrankungsfälle auf die Geimpften, dagegen 60 Procent und mehr auf die Nichtgeimpften entfielen.

Starke Differenzen in der Pockenmortalität treten ferner hervor, wenn dasselbe Land vor und nach der Einführung des Impfzwangs verglichen wird. Da aber hierbei der Einfluss der Durchseuchung möglicher Weise die Zahlen beeinflussen könnte, ist es noch richtiger, verschiedene Länder und Städte von ungefähr derselben Bevölkerungsziffer und dem nämlichen Culturzustand zu vergleichen, und zwar einerseits solche, in welchen der Impfzwang besteht, andererseits solche, bei welchen die Impfung höchstens fakultativ eingeführt ist. Dabei zeigt sich ausnahmslos, dass in den Ländern und Städten ohne Impfzwang (Oesterreich, Prag) die frühere hohe Pockenmortalität sich bis in die neueste Zeit erhalten hat, während sie in den angrenzenden Ländern und Städten mit Impfzwang (Preussen, Dresden) enorm reducirt ist. Aus der umstehenden Tabelle geht dieses Resultat klar hervor.

Das frühere deutsche Impfgesetz war keinesweg geeignet, einen vollen

Impfschutz zu erzielen; namentlich bestand früher kein Revaccinationszwang, und es ist längst bekannt, dass eine einmalige Impfung nicht für Lebenszeit Schutz gegen Pockenerkrankung gewähren kann. Deutlich ersichtlich wird diese Differenz durch einen Vergleich der Pockenerkrankungen in Preussen einerseits beim Civil, andererseits beim Militär. Bei letzterem bestand bereits seit dem Jahre 1834 Revaccinationszwang. In Folge dessen hörte beim Militär von diesem Jahre ab die Pockensterblichkeit fast ganz auf, während sie bei der Civilbevölkerung Preussens (und ebenso in den Armeen der anderen Länder) nach wie vor einen beträchtlichen Procentsatz erreichte.

Pockensterblichkeit auf 100000 Einwohner.

Jahr	Preussen	Oesterreich	Dresden	Prag	Jahr	Preussen	Oesterreich	Dresden	Prag
1865	43·8	22·8	2·0	21·0	1880	2·6	64·7	3·6	290·2
1866	62·0	35·9	7·9	25·4	1881	3·6	81·4	2·7	64·6
1867	43·2	46·9	28·5	83·9	1882	3·6	94·8	1·3	57·8
1868	18·8	35·5	38·0	26·9	1883	2·0	59·2	0·9	225·5
1869	19·4	35·2	1·8	19·0	1884	1·4	50·8	0·4	359·9
1870	17·5	30·3	8·9	26·4	1885	1·4	60·1	1·2	57·3
1871	243·2	39·2	326·6	15·0	1886	0·5	38·2	0	55·5
1872	262·4	189·9	84·1	396·5	1887	0·5	41·7	0	84·9
1873	35·6	314·7	13·0	281·6	1888	0·3	61·5	0	250·0
1874	9·5	174·3	4·2	30·0	1889	0·5	53·7	0	118·3
1875	3·6	57·6	2·6	10·9	1890	0·1	24·9	0·4	1·2
1876	3·1	40·2	0·5	78·4	1891	0·1	28·7	0	36·1
1877	0·3	54·5	0·9	395·8	1892	0·3	25·6	0	101·4
1878	0·7	61·6	0	86·8	1893	0·4	14·9	0	39·0
1879	1·3	51·7	1·9	84·4	1894	0·3	. . .	0	0·9

Erst das am 8. April 1874 in Kraft getretene Reichsimpfgesetz führt den Revaccinationszwang ein. Aus den seitherigen Erfahrungen ergiebt sich, dass geradezu ein völliges Erlöschen der Pockenepidemieen eingetreten ist, und dass selbst sporadische Fälle von Pocken im Innern Deutschlands fast gar nicht und nur in den Grenzbezirken zeitweise in etwas grösserer Zahl vorkommen.

Andererseits sind keine schwereren und unvermeidlichen Gesundheitsstörungen mit der Schutzimpfung verbunden. Normaler Weise bewirkt die Impfung nur eine lokale Reaktion und sehr geringe Störung des Allgemeinbefindens. Am 4. Tage entwickelt sich an der Impfstelle eine Papel, am 5. Tage ein Bläschen, am 7. Tage ist die erhabene, perlgraue, mit einem 2 mm breiten rothen Saum umgebene Impfpocke ausgebildet. Vom 8. Tage an wird der Inhalt eitrig, die Pustel bricht auf, trocknet ein; die Pocke fällt nach 3—4 Wochen ab und hinterlässt eine strahlige Narbe. Selten tritt vorübergehend höheres Fieber, Hautjucken, eine Empfindlichkeit der Achseldrüsen, ein ausgedehnterer bläschenförmiger Ausschlag u. dgl. auf.

Zuweilen sind allerdings schwerere Schädigungen durch die Impfung beobachtet; erstens Wundinfektionskrankheiten und zwar am häufigsten Erysipel, das entweder (als sog. Früherysipel) am 1.—2. Tage nach der Impfung, gewöhnlich gleichzeitig bei mehreren Kindern, auftrat und auf virulente Streptokokken

zurückzuführen war, die durch die Hand des Arztes, die Impflancette, andere Utensilien resp. durch die verwendete Lymphe in die Impfwunde gelangt waren, — oder es trat ein sog. Späterysipel ein am 5.—12. Tage, nachdem die Pusteln bereits aufgebrochen oder aufgekratzt waren. In diesem Falle sind aus der Umgebung des Kindes durch Berührungen, Wäschestücke u. s. w. Erysipelkokken in die Wunde gelangt. Jede beliebige andere Wunde würde unter diesen Umständen denselben Verlauf genommen haben und es ist daher das Späterysipel nicht der Impfung direct zur Last zu legen.

Zweitens können Contagien durch die Lymphe, die von einem Impfling abgenommen wird, auf andere Impflinge übertragen werden. Infektion mit Syphilis hat in etwa 700 gutbeglaubigten Fällen stattgefunden. Die Möglichkeit einer ähnlichen Uebertragung muss auch für Tuberculose zugegeben werden, wenn auch der exakte Nachweis bisher nicht geführt ist.

Drittens hat man wohl behauptet, dass allgemeine Ernährungsstörungen, namentlich Skrophulose, in Folge der Impfung auftreten. Ein Beweis für diese Behauptung ist bisher nicht erbracht. Die Impfung geschieht gewöhnlich in einem Alter, in welchem die ersten skrophulösen Symptome zum Vorschein zu kommen pflegen und es ist daher unausbleiblich, dass diese Coïncidenz von nicht logisch geschulten Beobachtern als Beweis für einen ätiologischen Zusammenhang angesehen wird. Von zahlreichen, unbefangenen Aerzten werden derartige Ernährungsstörungen als Folgen der Impfung entschieden bestritten. Empfehlenswerth ist es jedenfalls, Kinder, bei welchen Verdacht auf beginnende Skrophulose besteht, für ein Jahr von der Impfung zurückzustellen und erst zu impfen, nachdem die skrophulösen Symptome auch für die Angehörigen bereits manifest geworden sind.

Die Uebertragung von Wundinfektionserregern und event. von Contagien repräsentiren immerhin sehr beachtenswerthe Gefahren für die Impflinge, welche vollkommen geeignet sind, den Impfzwang als ungerechtfertigt erscheinen zu lassen. Die Vorschriften des neuen Reichsimpfgesetzes gewähren indes vollkommene Sicherheit gegen diese Gefahren.

Um die Wundinfektion zu vermeiden, ist in dem Gesetz angeordnet, dass die Impfung nur von Aerzten und durchaus unter aseptischen Cautelen vorgenommen wird. Der Arzt hat seine Hände vor der Impfung zu desinficiren (Sublimatlösung, Carbolwasser, Alkohol); die Instrumente sind durch Ausglühen oder Auskochen oder Alkoholbehandlung keimfrei zu machen. — Eine Desinfektion des Armes des Impflings ist gewöhnlich nicht durchführbar; die Vorschrift, dass die Kinder rein gewaschen und mit reiner Wäsche zum Impftermin kommen müssen, ist dagegen streng zu beachten. — Die Lymphe ist mit keimfreien Instrumenten direct aus dem Vorrathsglas zu entnehmen oder ist von diesem erst auf ein keimfreies (ausgekochtes) Glasschälchen auszugiessen, dann aber sorgfältig vor Verunreinigung zu schützen.

Um die Lymphe von Contagien frei zu halten, ist jetzt durchweg der humanisirten Lymphe animale Lymphe substituirt, welche in Staatsinstituten unter besonderen Vorsichtsmaassregeln gewonnen wird. Aus den Vorschriften für die „staatlichen Anstalten zur Gewinnung von Thierlymphe" sei hervorgehoben, dass junge Rinder oder Kälber von mindesten 3, womöglich 5 Wochen benutzt werden sollen; dieselben sind vor der Impfung vom Thierarzt zu untersuchen. An den gesund befundenen Thieren wird die Impffläche (Unterbauch, innere Schenkelflächen) rasirt, mit Seife und warmem Wasser gereinigt, mit 1 pro mille Sublimatlösung oder Carbolwasser desinficirt und das Desinficiens

mit sterilem Wasser wieder entfernt. Die Impffläche wird dann mit zahlreichen Schnitten versehen und in diese humanisirte oder animale Lymphe eingebracht. Bei Benutzung der humanisirten Lymphe als Impfstoff erhält man die sog. Retrovaccine; dieselbe wird dem durch Weiterimpfen der animalen Lymphe gewonnenen Impfstoff vielfach vorgezogen, weil dieser sich leicht abschwächen soll. Doch scheint die Abschwächung durch Benutzung älterer Kälber und Auswahl der besten, schon am 4. Tage entwickelten Impfpusteln vermeidbar. — „Originäre" Lymphe, von zufällig auftretenden natürlichen Kuhpocken herrührend, bietet keine besonderen Vortheile. — Auch Impfung der Kälber mit Menschenblattern würde zulässig sein, wenn nicht die Gefahren einer Ausbreitung der Krankheit so schwer auszuschliessen wäre.

Die Kälber werden nach der Impfung vom Thierarzt beobachtet, in besonderem Stall gehalten, und sofort ausrangirt, wenn ihre Temperatur 41·5° übersteigt; ausserdem werden sie nach der Lymphabnahme obducirt, und der Thierarzt hat die inneren Organe sorgfältig zu untersuchen.

Die Kälberlymphe wird am 4.—5. Tage abgenommen; da die Pusteln sehr saftarm sind, wird nicht nur der Inhalt derselben entleert, sondern es werden mittelst scharfen Löffels oder Lanzette die Pusteln (möglichst blutfrei) abgekratzt. Die gewonnene Masse wird mit Glycerin (oder einem Gemisch aus Glycerin und destillirtem Wasser) im Mörser innig verrieben, so dass eine emulsionsartige, graugelbliche, trübe Flüssigkeit entsteht; oder nach der Verreibung lässt man durch Sedimentiren oder Centrifugiren die festen Theile abscheiden und benutzt nur die obere, klare Flüssigkeit (seltener). Zum Abfüllen und Versenden werden nur sterilisirte Glasgefässe benutzt.

Die frische animale Lymphe enthält stets zahlreiche Bakterien, meist Saprophyten, häufig aber auch pyogene Staphylokokken, seltener Streptokokken. Diese Bakterien sind ohne Einfluss auf die Entwicklung der Pustel und die Entzündungserscheinungen. Gewinnt man die Lymphe durch Desinfektion der Impffläche vor Abnahme der Lymphe u. dergl. Maassregeln möglichst keimfrei, so bewirkt das keinen Unterschied; selbst Impfung mit völlig keimfreiem Blut geimpfter Kälber macht unter Umständen die gleichen Reizerscheinungen. Die Bakterien der Lymphe dringen offenbar gar nicht in die tieferen Hautschichten ein, sondern bleiben auf der Epidermis; und der Pustelinhalt erweist sich bis zum 7. Tag als steril. Von dem gewöhnlichen Keimgehalt der Lymphe droht daher keine Gefahr; immerhin wird man wünschen müssen, ihn nach Möglichkeit zu verringern, und dazu ist die längere Einwirkung des Glycerins geeignet. Den besten Effekt hat ein Gehalt der Lymphe von 60 Procent Glycerin.

Wird ausnahmsweise humanisirte Lymphe benutzt, so muss der Abimpfling auf das Genaueste untersucht werden; in die Pusteln sind am 6. bis 7. Tage mit spitzer Lanzette mehrere flache Einstiche zu machen; die nach kurzer Zeit in durchsichtigen Tropfen hervortretende Lymphe ist in feinen Capillaren aufzusaugen, dann mit 2 Theilen Glycerin zu mischen und wieder in Capillaren abzufüllen, die zugeschmolzen oder versiegelt werden.

Die Impfung der Kinder erfolgt am Oberarm, bei Erstimpflingen gewöhnlich auf dem rechten, bei Wiederimpflingen auf dem linken Arm. Es genügen 4 seichte Schnitte von $^1/_2$ bis 1 cm Länge. Die einzelnen Schnitte sollen mindestens 2 cm Abstand von einander haben. Stärkere Blutungen sind zu vermeiden.

Als Impfmesser benutzt man am besten glatte, leicht zu reinigende Instrumente; z. B. das Impfmesser von Risel. Die Messer sollen nicht zu scharf

sein, damit nicht Schnitte mit scharfen Wundrändern, sondern mehr skarificirte Stellen, die zur Resorption besser geeignet sind, entstehen. — Niemals darf in Impfterminen das Messer, mit welchem die Schnitte gemacht sind, ohne Weiteres mit der gemeinsam verwendeten Lymphe in Berührung kommen, da sonst Contagien von einem Kind auf das andere übertragen werden könnten. Das Messer ist vielmehr vor dem Eintauchen in die Lymphe sorgfältig zu desinficiren. In grösseren Terminen benutzt man zweckmässig zwei Messer, das eine zum Schneiden, das andere zum Auftragen der Lymphe; während das eine benutzt wird, wird das andere desinficirt.

Ein Schutzverband ist im Allgemeinen nicht erforderlich. In besonderen Fällen kann man einen Verband mit Gazewatte oder einen Paul'schen Tegminverband (mittelst Tube wird auf jeden Schnitt ein Tropfen einer Paste aus Zinc. oxyd., Wachs, Glycerin u. s. w. aufgebracht und mit Wattescheibchen bedeckt) verwenden.

Nach 6 bis 8 Tagen, gewöhnlich am gleichnamigen Tage der folgenden Woche, findet der Nachschautermin statt. Die Erstimpfung hat als erfolgreich zu gelten, wenn mindestens eine Pustel zur regelmässigen Entwicklung gekommen ist. Bei der Wiederimpfung genügt schon die Bildung von Knötchen oder Bläschen an den Impfstellen.

Trotz aseptischer Ausführung der Impfung und einwandfreier Lymphe kommt es zuweilen zu stärkeren örtlichen Reizerscheinungen; die Röthe der Haut und eine gewisse Schwellung erstreckt sich über das ganze Impffeld und noch um mehrere Centimeter über dasselbe hinaus. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass für diese Erscheinungen nicht die gewöhnlich in der Lymphe vorhandenen Bakterien verantwortlich gemacht werden dürfen. Die Entzündung wird vielmehr durch das Vaccinecontagium selbst bedingt, und tritt um so stärker hervor, je frischer und concentrirter die Lymphe ist, namentlich aber je nachdem das geimpfte Kind individuell mehr oder weniger disponirt ist. Dass der letztere Umstand in erster Linie betheiligt ist, geht z. B. aus Versuchen hervor, bei welchen die Lymphe von Pusteln mit starker entzündlicher Reaktion und andererseits von normalen Pusteln auf je einen Arm desselben Individuums verimpft wurde; die auf beiden Armen entwickelten Pusteln zeigten keinen Unterschied, während andere Individuen auch auf die Lymphe aus reizlosen Pusteln stärker reagirten. — Immerhin muss man versuchen, die Reizwirkung der Lymphe möglichst zu mildern. Dies kann in erster Linie dadurch geschehen, dass man die Lymphe vor der Benutzung mindestens 4 Wochen lagern lässt (bei einem Alter über 3 Monate kann indess der Impferfolg nachlassen). Ferner dadurch, dass man nur kleine Mengen Lymphe verwendet und dass man die Schnitte mit möglichst grossem Abstand von einander anlegt. — Durch kühlende Umschläge und Borsalbe pflegen übrigens die Reizerscheinungen bald zurückzugehen.

Wirkliches, fortschreitendes Erysipel wird jetzt eigentlich nur noch beobachtet, wenn die aufgekratzten Pusteln durch die Impflinge selbst oder deren Angehörige inficirt werden. Im Hinblick hierauf ist die Vorschrift zu betonen, dass Kinder aus einer Umgebung, in der Rose-artige Erkrankungen vorgekommen sind, nicht zur Impfung gebracht werden dürfen.

War die Impfung ohne Erfolg, so ist dieselbe im nächsten Jahr zu wiederholen. War sie auch zum dritten Mal ohne Erfolg, so ist der gesetzlichen Pflicht genügt, der Impfling wird dann als natürlich immun angesehen.

Genaueres über die Technik der Impfung und das Impfgeschäft siehe im

Reichsimpfgesetz bezw. den vom Bundesrath dazu erlassenen Ausführungsbestimmungen.

Das Impfgesetz in seiner jetzigen Gestalt lässt keinerlei begründete Einwände mehr zu und die Opposition gegen den Impfzwang, welche noch immer theils von solchen, die in ihrer Familie einen jener bedauerlichen Infektionsfälle erlebt haben, wie sie das frühere Impfreglement zuliess, theils und wesentlich von den principiellen Besserwissern und Oppositionsmännern genährt wird, sucht vergeblich nach neuen Angriffspunkten. Es ist indess nicht zu vergessen, dass in früherer Zeit wirklicher Grund für eine Opposition vorlag und dass die Verbesserungen, welche in das deutsche Reichsimpfgesetz aufgenommen sind und welche dieses vor allen andern Impfgesetzen auszeichnet, zu einem Theile der impfgegnerischen Agitation zu danken sind.

6. Scharlach, Masern, Flecktyphus.

Scharlach ist in Europa seit Jahrhunderten allgemein verbreitet; in anderen Continenten, namentlich in Asien und Afrika scheinen grosse Gebiete frei geblieben zu sein. In Europa tritt Scharlach theils in sporadischen Fällen, theils in Epidemieen auf. Letztere können dann zu Stande kommen, wenn seit der letzten allgemeineren Invasion wieder eine ausreichende Zahl von empfänglichen Individuen sich angesammelt hat. Nicht selten bleiben selbst in grösseren Städten Zwischenräume von 20 und mehr Jahren zwischen zwei Epidemieen. Die Mortalität differirt in den verschiedenen Epidemieen erheblich; sie kann 3 Procent und 30 Procent betragen. — Ueber die Infektionsquellen und Transportwege ist noch wenig Sicheres bekannt. Absichtliche Uebertragung von Blut und Hautschuppen Scharlachkranker hat oft im Stich gelassen; andererseits hat man deutliche Ansteckung durch Wäsche, Möbel u. s. w. beobachtet. Manches spricht dafür, dass Scharlach nicht nur im späteren Krankheits- oder im Reconvalescentenstadium ansteckt, sondern sogar vorzugsweise im ersten Beginn der Angina. Durch die Luft scheint das Contagium sich nicht leicht zu verbreiten; ist die Verbreitung durch Berührungen des Kranken oder der inficirten Wäsche, Kleider, Gebrauchsgegenstände etc. gehindert, so besteht wenig Infektionsgefahr mehr. In England ist wiederholt Transport des Contagiums durch Milch beobachtet. — Die individuelle Disposition für Scharlach ist am grössten im Alter von 1—8 Jahren, Erkrankungen bei älteren Kindern und bei Erwachsenen sind indess durchaus nicht selten. Unter den Kindern sind bei weitem nicht alle disponirt; wir sehen oft, dass in kinderreichen Familien nur ein Kind erkrankt. Im Allgemeinen befällt Scharlach dasselbe Individuum nur einmal; doch werden Ausnahmen, sogar 3- und 4fache Recidive, beobachtet. Die Inkubationszeit beträgt gewöhnlich 3—5 Tage. — Eine örtliche Disposition ist nicht nachzuweisen; eine zeitliche Disposition nur in dem Sinne, wie sie für

Arbeiter in Herbergen und Asyle niedrigster Art; diese bilden die Centren für die Weiterverbreitung. Auch später werden die besser die meisten ansteckenden Krankheiten beobachtet wird, nämlich eine geringe Steigerung im Herbst und Winter (vgl. S. 133). — Die Prophylaxis besteht in Absperrung, Verbot des Schulbesuchs, Desinfektion (Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd). Von erfolgreichen Schutz- oder Heilimpfungen ist nichts bekannt; auch die Versuche, die gefährlichen Begleiter des Scharlachprocesses, die Streptokokken, durch Antikörper zu bekämpfen, sind einstweilen erfolglos geblieben.

Masern. Contagium unbekannt. Inkubation 10—14 Tage. Die Masern treten ebenfalls periodisch in Epidemieen auf, wenn eine hinreichende Zahl empfänglicher Individuen zur Zeit der Einschleppung vorhanden ist. — Auch hier zeigt sich ferner eine sehr verschiedene Mortalität in den einzelnen Epidemieen. — Infektionsquellen: Hautschuppen, Nasen schleim, Thränen, Betten, Wäsche, Kleider; auch im trockenen Zustand ist das Contagium lange haltbar. Zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, dass es in Form von flugfähigem Staub in den Wohnungen und Häusern verbreitet werden und dass daher Ansteckung auch bei Solchen erfolgen kann, die nicht in die Nähe des Kranken oder in Berührung mit seinen Effekten gekommen sind. Im ersten Stadium der Erkrankung kann besonders leicht Ansteckung erfolgen, vermuthlich durch Einathmung der beim Niesen und Husten verschleuderten Tröpfchen. — Die individuelle Disposition ist sehr ausgedehnt; nach langem Intervall seit der letzten Epidemie wird bei erneuter Einschleppung ein sehr hoher Procentsatz der Menschen ergriffen. Da wo öftere Epidemieen auftreten, werden vorzugsweise nur Kinder befallen, die Erwachsenen sind grösstentheils durch das frühere Ueberstehen der Krankheit immunisirt. — Lokale Einflüsse fehlen; zeitlich ist eine Zunahme der Frequenz im Herbst und Winter zu verzeichnen (vgl. S. 133). — Die Prophylaxis kann wenig leisten. Isolirung des Kranken führt selten zu einem Verschluss aller Transportwege; auch Desinfektion kann, insbesondere während der Krankheit, nicht viel helfen. Da die Krankheit bei sorgfältiger Behandlung und bei Schonung in der Reconvalescenz im Ganzen günstig zu verlaufen pflegt, sieht man gewöhnlich von prophylaktischen Maassregeln (mit Ausnahme der Meldepflicht und des Verbots des Schulbesuchs) ganz ab.

Flecktyphus. Contagium unbekannt. Ist seit etwa 20 Jahren in Deutschland nur noch in vereinzelten Fällen aufgetreten; in früherer Zeit wurde namentlich Schlesien von ausgedehnten Epidemieen befallen (in der Stadt Breslau im Jahre 1856 6000 Erkrankte, 1000 Gestorbene). Jetzt ist die Krankheit auf Russland, Galizien, den Orient und Irland

beschränkt. Lokale und zeitliche Beeinflussung besteht nicht. — Die Einschleppung erfolgt gewöhnlich durch Vagabonden und umherziehende situirten Klassen meist verschont; schlechter Ernährungszustand und Unreinlichkeit scheint zu disponiren. Ueber den Modus der Infektion ist wenig Sicheres bekannt. Auf weitere Entfernungen durch Gegenstände und Waaren scheint die Uebertragung selten zu erfolgen; die in der Nähe des Kranken beschäftigten Menschen sind dagegen sehr exponirt. 1857 starben in Breslau 7 Aerzte und 11 Wärterinnen an Flecktyphus, 78 Wärterinnen erkrankten; 1868 erkrankten daselbst 68 Aerzte und Wärter, 6 Procent aller Erkrankten. — Die Inkubation dauert in der Regel 5—8, ausnahmsweise bis 14 Tage. Recidive sind sehr selten. — Die Prophylaxe muss strengste Isolirung und gründlichste Desinfektion ins Auge fassen; ausserdem wo möglich Verwendung von durchseuchtem Personal.

7. Influenza.

Die Influenza (Grippe) ist seit dem 12. Jahrhundert bekannt; von Zeit zu Zeit ist sie als Pandemie aufgetreten; innerhalb der letzten 50 Jahre z. B. 1843, 1847—48, 1850—51, 1855, 1857—58, 1873—75, 1889—90. Dazwischen liegen alljährlich beschränktere Epidemieen in irgend welchen Ländern.

Die Erreger der Influenza sind die S. 70 beschriebenen Bacillen.

Als Infektionsquellen sind das Bronchialsekret und das Nasensekret, sowie die damit beschmutzten Gegenstände, Wäsche u. s. w. anzusehen. Nur relativ frische Sekrete sind gefährlich, da die Erreger durch Austrocknen zu Grunde gehen und auch im feuchten Sputum gewöhnlich nicht über 2 Tage virulent bleiben. Der trockne Staub des Krankenzimmers ist daher nicht als Infektionsquelle anzusehen; wohl aber können beim Husten und Niesen feuchte Theilchen des Sputums sich in der den Kranken umgebenden Luft verbreiten, und diese Tröpfchen bilden die wesentlichste Infektionsquelle.

Als Infektionswege fungiren Berührungen z. B. der Taschentücher, der Hände des Kranken einerseits, der eigenen Schleimhäute der Nase oder des Mundes andererseits; namentlich aber die Einathmung frischer, vom Kranken versprühter Sputumtröpfchen. Auch gelegentliche Uebertragung durch Nahrungsmittel und durch Insecten ist denkbar. — Das Contagium scheint bei Gesunden sehr leicht, schon auf flüchtige Berührung hin, zu haften. Dass die Ansteckung Gesunder durch den Aufenthalt in der Nähe von Kranken erfolgt, ist unzählige Male beobachtet.

Eine Verschleppung des Contagiums auf weite Strecken durch die Luft im Freien ist völlig ausgeschlossen. Man hat früher wohl ge-

glaubt, dass Winde das Contagium rascher verbreiten, als dies durch den Verkehr möglich ist. Insbesondere sollte Schiffen auf hoher See das Contagium durch den Wind zugeführt werden können. Diese Behauptungen sind durch die genaueren Beobachtungen während der letzten Epidemieen widerlegt. Die Ausbreitung der Krankheit erfolgte niemals schneller als der Verkehr und konnte in sehr vielen Fällen mit aller Bestimmtheit auf Einschleppung durch Kranke zurückgeführt werden. Wo dieser Nachweis sich nicht führen liess, haben wir keinen Grund auf einen anderen Verbreitungsmodus zu schliessen, sondern müssen annehmen, dass die Kranken (event. leicht Erkrankten) oder die vom Kranken stammenden Sachen, welche das Contagium eingeschleppt haben, nicht mehr nachträglich aufgefunden werden konnten.

Auch bezüglich der Schiffe ist constatirt, dass Erkrankungen auf See nur vorkommen, wenn innerhalb der letzten 6 Tage (die Inkubation wird zu 2—6 Tagen angenommen) ein Verkehr mit verseuchtem Lande oder mit verseuchten Schiffen stattgefunden hat und so die Möglichkeit der Aufnahme des Contagiums vom Kranken aus gegeben war. — Ferner ist an isolirt gelegenen oder gegen den Verkehr abgeschlossenen Orten der verschiedensten Länder (Gebirgsdörfer, Klöster, Gefängnisse) vielfach beobachtet, dass der Beginn der Erkrankungen erst von dem Zeitpunkt datirt, wo ein persönlicher Verkehr mit Influenzakranken stattgefunden hatte.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich vom 2. Lebensjahre ab durch alle Alter und ist vielleicht in den mittleren Jahren am grössten. Völlige Unempfänglichkeit kommt weit seltener vor, als bei anderen Krankheiten; jedoch werden manche Individuen nur sehr leicht ergriffen. Eine Steigerung der Empfänglichkeit scheint durch Katarrhe und Erkältungen bewirkt zu werden.

Ueber die nach Ablauf der Krankheit entstehende Immunität gehen die Ansichten noch weit auseinander. Bei manchen Menschen scheint keine Immunität oder sogar eine gesteigerte Disposition zurückzubleiben; während im Allgemeinen doch wohl eine gewisse Immunisirung für kurze Dauer eintritt.

Eine örtliche Disposition oder Immunität wird nicht beobachtet. Kein Ort und kein Land hat sich den wiederholten Zügen der Influenza gegenüber dauernd immun gezeigt. Während jeder einzelnen Epidemie bleiben gewöhnlich einzelne Städte und innerhalb der ergriffenen Städte einzelne Anstalten mit isolirt lebender Bevölkerung verschont. Hier fehlt es dann an einer Einschleppung des Contagiums durch Kranke; nicht selten aber erfolgt diese noch in einem späteren Stadium und nun breitet sich in der betreffenden Stadt resp. Anstalt eine Epidemie

aus zu einer Zeit, wo in der ganzen Umgegend die Seuche schon erloschen ist. (Göttinger Irrenanstalt 1891.)

Eine zeitliche Disposition besteht ebenfalls nicht. Die Influenza ist zu allen Jahreszeiten unter den verschiedensten klimatischen und Witterungsverhältnissen beobachtet.

Völlig unverständlich ist es, wie trotz der eindeutigen Resultate der in den letzten Epidemieen gesammelten Beobachtungen einzelne Gelehrte noch immer die Ansicht zu vertheidigen suchen, dass die Influenza keine contagiöse, sondern eine miasmatische Krankheit sei, die durch die Winde von Ort zu Ort verbreitet wird. Das betreffende Miasma soll entweder ein gasförmiger Körper oder ein belebtes Wesen sein. Die Quantitäten dieses räthselhaften Gases, resp. dieses Lebewesens, die an einem räthselhaften Orte (selbst im kältesten Winter) fortdauernd producirt werden, müssten geradezu unglaubliche sein, da der Zug der Influenza sich Wochen hindurch über ganze Erdtheile erstreckt. Ehe man zu solchen absurden, von aller Analogie mit bekannten Vorgängen unendlich weit entfernten Annahmen greift, sollte man doch lieber von allen Erklärungsversuchen Abstand nehmen, wenn wirklich die bei anderen Krankheiten üblichen Uebertragungsweisen sich auf die Influenza absolut nicht anwenden lassen. Thatsächlich ist aber das Verhalten der Influenzaepidemieen vom contagionistischen Standpunkt aus und unter Berücksichtigung der Lebenseigenschaften des Influenzabacillus ohne alle Schwierigkeit zu erklären.

Auch der Umstand, dass die Influenza oft so plötzlich um sich greift und einen so auffällig grossen Bruchtheil der Bevölkerung befällt, ist sehr wohl mit einer Verbreitung durch Contagien vereinbar. Zunächst ist der Ausbruch nie wirklich so plötzlich, wie es hier und da behauptet ist. Immer kommen zunächst vereinzelte Fälle, die kaum diagnosticirt und registrirt werden, und dann erst schwillt die Seuche allmählich an, allerdings in rascher Progression. Letzteres erklärt sich aber ungezwungen daraus, dass das Contagium so leicht haftet, dass die individuelle Empfänglichkeit sehr verbreitet, die Inkubation sehr kurz (im Mittel 3 Tage) und die Ansteckung durch die zahlreichen nicht bettlägerigen Kranken sehr erleichtert ist. Brechen andere stark contagiöse Krankheiten in eine voll empfängliche Bevölkerung ein, so sehen wir, dass in ähnlich rascher Anschwellung ein ebenso grosser Procentsatz der Bevölkerung ergriffen wird. (Masern auf den Faröringeln u. s. w.)

Prophylaktische Maassregeln. Da die Krankheit gewöhnlich erst diagnosticirt wird, wenn sie bereits stärkere Ausbreitung erlangt hat, sind Sperren und Isolirungen von geringem Werth, ausser in Anstalten, die wirklich abgeschlossen gehalten werden können. Aus demselben Grunde, dann aber auch, weil das Contagium ohne unser Zuthun so rasch abstirbt, ist eine regelrechte Desinfektion nicht erforderlich. Alle auf eine Schutzimpfung gerichteten Experimente sind bisher erfolglos geblieben. Es muss mithin dem Einzelnen überlassen bleiben, in wie weit er den Verkehr mit Influenzakranken meiden und dadurch sich gegen die Krankheit schützen kann.

8. Pest.

Die Beulenpest (Bubonenpest) ist in Europa seit dem 6 Jahrhundert bekannt. Im Mittelalter forderte sie in fortgesetzten Epidemieen ungezählte Opfer; erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts macht sich eine Abnahme bemerklich, von der Mitte des 18. Jahrhunderts ab ist von Europa nur noch der Südosten, die Balkanhalbinsel, häufiger ergriffen. Im Anfang des 19. Jahrhunderts ist die Pest in der Türkei heimisch und mehrmals von dort aus verschleppt; allmählich erlischt sie auch dort; 1841 ist sie noch einmal in Constantinopel aufgetreten, um dann von Europa zu verschwinden. 1843 ist sie zuletzt in Aegypten beobachtet, 1841 in Syrien, so dass seit der Mitte dieses Jahrhunderts auch die an Europa grenzenden Theile Vorderasiens und Afrikas von Pest frei blieben. Dafür entwickelten sich neue Pestherde in Arabien (1853 und 1874), Tripolis, Persien (1863, 1870, 1876—78), Mesopotamien (1866, 1873—77). Von Mesopotamien aus wurde die Seuche im Oktober 1878 in unaufgeklärter Weise nach Wetlianka und einigen anderen Wolga-Dörfern im Gouvernement Astrachan verschleppt, wo sie sich bis zum Januar 1879 hielt und etwa 600 Opfer forderte. 1893—94 erfolgte ein Vorstoss an die chinesische Küste und nach Hongkong; 1896 trat die Pest in Bombay, Karachee, Nagpur und anderen Theilen Indiens auf, 1898—99 auf Madagaskar, Mauritius, in Bona, Alexandrien; dann in Südamerika (Santos); ferner wurde sie in den letzten Jahren mehrfach nach Europa eingeschleppt, so nach Porto, Lissabon, Plymouth, Triest, Hamburg etc. — Genauere Nachforschungen haben ergeben, dass 4 endemische Centren seit lange existiren: in Mesopotamien; in Tibet; im Berglande Assir an der Westküste von Arabien und in Kisiba in der äussersten Nordwestecke von Deutsch-Ostafrika. Von diesen Centren aus scheint die Pest immer wieder gelegentlich in die Nachbarländer verschleppt zu werden. Warum in den letzten Jahren eine stärkere und weitere Ausbreitung stattgefunden hat, ob dieselbe nur durch Zufälligkeiten bedingt ist oder ob etwa eine Steigerung der Virulenz der Erreger stattgefunden hat, das lässt sich zur Zeit nicht entscheiden.

Ueber den Erreger der Pest s. S. 71. — Derselbe dringt in den meisten Fällen von der Haut aus ein, verursacht primäre Pusteln oder Furunkel an der unteren oder oberen Extremität, oder auch an Hals, Kopf, Mund. Von da aus entwickelt sich in den zugehörigen Lymphdrüsen ein Pestbubo als schmerzhafte, teigige, nicht circumscripte Geschwulst. Diese Form der Erkrankung kann in 30—50 Procent der Fälle in Heilung ausgehen, indem sich der Bubo zertheilt oder auf-

bricht. Auch im letzteren Fall gelangen keine Pestbacillen nach aussen, da im Eiter lebende Erreger stets vermisst werden. — Bei Aufnahme des Contagiums in die Blutbahn (direct oder durch insufficiente Drüsen) entsteht Pestsepsis, von schlechterer Prognose, oft mit Pneumonie und zuweilen mit Darmpest einhergehend. — Drittens entsteht durch Einathmung der Erreger primäre Pestpneumonie; von schlechter Prognose; Genesung oft mit sehr protrahirter Reconvalescenz.

Während der an Bubonenpest Erkrankte kaum Infektionsquellen liefert, scheidet der septisch Erkrankte in den verschiedenen Exkreten Pestbacillen aus. Vor allem ist aber der an primärer oder sekundärer Pestpneumonie Erkrankte dadurch gefährlich, dass er beim Husten Sputumtröpfchen mit Pestbacillen in die Luft verschleudert. Dasselbe geschieht bei dem terminalen Lungenödem, mit dem tödtlich verlaufende Sepsisfälle zu enden pflegen. Auch im Reconvalescentenstadium vermag der Pneumoniker noch solche Ausstreuung zu bewirken. — Ferner kann das ausgeschiedene Sputum lebende Bacillen enthalten; im Auswurf von Reconvalescenten wurden noch 76 Tage nach Beginn der Erkrankung virulente Erreger nachgewiesen. In Form von flugfähigem Staub kann das Sputum zwar nicht inficirend wirken, da die Erreger die hierfür unerlässliche vollständigste Austrocknung nicht vertragen. Wohl aber kann es in dickeren Schichten an Theilen der Wohnung, an Kleidern, Wäsche u. s. w. haftend noch nach Wochen durch Contakte inficiren. Auch können z. B. durch Fliegen Sputumtheile auf Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände verschleppt werden.

Fernere gefährliche Infektionsquellen liefern die Ratten. Dieselben sind für Pestbacillen ausserordentlich empfänglich; sie pflegen fast stets die Ersterkrankten zu sein, und die Erkrankungen von Menschen treten erst auf, wenn bereits eine Rattenepidemie eine Zeit lang bestanden hat. Die Ratten erkranken nicht nur an Pestsepsis, sondern sehr häufig an primärer Darmpest und können per os inficirt werden. Harn und Fäces enthalten reichlich Pestbacillen; die Krankheit verbreitet sich unter den Ratten dadurch, dass die gesunden mit den überall verstreuten Fäces der kranken Thiere in Berührung kommen, dass sie die todten Thiere annagen, und dass Ungeziefer die Erreger von letzteren auf die gesunden Thiere überträgt. Da die erkrankten Ratten die Scheu vor den Menschen verlieren, kommt es sehr leicht dazu, dass sie Theile der Wohnung, Staub und Schmutz mit ihren gefährlichen Exkreten inficiren.

Die Infektionswege sind 1) Berührungen der genannten Infek-

tionsquellen. Die Berührung der vom Kranken ausgeschiedenen Erreger ist bei einiger Vorsicht sehr leicht zu vermeiden. Beim Wärter- und ärztlichen Personal kommen daher in solcher Weise Uebertragungen überhaupt kaum vor. Viel gefährlicher sind unbewusste Berührungen der von Pestratten verstreuten Erreger. Daher der gute Effekt der Ueberführung der Kranken in Spitäler und der Evakuirung der von Ratten okkupirten Häuser. 2) Einathmung der beim Husten der Pestpneumoniker oder beim Lungenödem der Sterbenden verstreuten Tröpfchen. Uebertragungen auf das Pflegepersonal scheinen fast ausschliesslich in dieser Weise zu Stande zu kommen. — Ein Schutz der Gesunden durch Gazeschleier und Masken führt nicht zum Ziele; eher kann die Lagerstätte des Kranken mit einem schützenden Gazeschleier umgeben werden 3) Stechende Insecten, die vom erkrankten Menschen oder von Ratten aus auf den Gesunden übergehen. — Anscheinend sehr seltener Infektionsmodus.

Die individuelle Disposition zeigt wenig Unterschiede, auch bezüglich des Alters. Nach einmaligem Ueberstehen der Krankheit tritt ausgesprochene Immunität ein; zweimalige Erkrankung ist sehr selten.

Eine örtliche Disposition tritt insofern in ausgeprägter Weise hervor, als die Krankheit Neigung zeigt, sich in einzelnen Häusern festzusetzen. Die Krankheit erlischt unter den Insassen, wenn sie das Haus verlassen; sie tritt wieder auf bei erneuter Bewohnung. Offenbar sind derartige Häuser Rattenhäuser, in denen durch erkrankte Ratten das Contagium stark verbreitet ist und immer wieder neu eingeschleppt wird. Eine gründliche Desinfektion, welche zugleich die Ratten vertilgt und verscheucht, beseitigt die Disposition eines solchen Hauses.

Epidemiologisch ist zu beachten, dass die Einschleppung der Seuche in Europa wohl fast immer durch Schiffe und durch die mit diesen transportirten kranken Ratten erfolgt. Auch Waaren, die mit Excrementen kranker Ratten verunreinigt sind; oder reconvalescente Pestpneumoniker, oder mit deren Sputum verunreinigte Kleider und Waaren können wohl gelegentlich an der Einschleppung betheiligt sein. Meist aber wird eine verdächtige Sterblichkeit unter den Schiffsratten der Uebertragung auf Menschen vorausgehen. — Die weitere Entwicklung der Seuche ist stets ein langsame; nicht durch Explosionen, wohl aber durch zähes Haften und häufiges Wiederaufflackern ist sie ausgezeichnet. — Zwischen Ansteckung und neuer Erkrankung liegt eine Inkubationszeit von 7—10 Tagen.

Die Prophylaxe muss eine Hinderung der Einschleppung namentlich auf dem Seewege ungefähr wie bei der Cholera ins Auge fassen.

Die Untersuchung der aus verseuchten Gegenden kommenden Schiffe hat sich ausser auf den Gesundheitszustand des Menschen auch auf todte und kranke Ratten zu erstrecken. — Zu Lande ist eine Ueberwachung des Reiseverkehrs nicht angezeigt, ausgenommen den kleinen Grenzverkehr mit verseuchten Gebieten des Nachbarlandes. Durch die Venediger Conferenz ist ferner vereinbart, dass die Einfuhr von Lumpen und getragener Wäsche verboten werden kann.

Nach erfolgter Einschleppung eines verdächtigen Falls hat strenge Isolirung und sofortige bakteriologische Sicherung der Diagnose zu erfolgen. Letztere wird in besonderen, den hygienischen Instituten angegliederten Pestlaboratorien in der im Anhang beschriebenen Weise ausgeführt. Das Material zur Untersuchung ist nicht einzusenden, sondern vom Leiter oder Assistenten des Instituts selbst zu entnehmen. Auch bei weiteren verdächtigen Erkrankungen hat die bakteriologische Untersuchung die Diagnose zu sichern.

Das Pflegepersonal ist passiv oder, wenn Serum nicht zur Hand ist, und sicherer aktiv zu immunisiren (siehe S. 612). Häuser mit mehrfachen Erkrankungen sind zu evakuiren. — Die Desinfektion ist nach den oben gegebenen Vorschriften durchzuführen. Zum Schutze des Personals kann eventuell eine Einleitung reichlicher Formaldehydmengen in den inficirten Raum durch das Schlüsselloch der Thür, ohne dass vorher eine Abdichtung und überhaupt ein Betreten des Raumes stattgefunden hat, der eigentlichen Desinfektion vorausgehen.

9. Malaria.

Die Malaria ist von jeher als typisches Beispiel einer nicht contagiösen, ektogenen Infektionskrankheit aufgeführt. Nach allen Beobachtungen wird die Krankheit niemals vom Kranken auf den Gesunden direct übertragen, es sei denn durch Ueberimpfung von Blut. Die natürliche Infektion erfolgt vielmehr nur durch den Aufenthalt an einem Malariaorte; und man hat daher von jeher den örtlichen Verhältnissen, unter welchen Malaria vorkommt, besonderes Interesse zugewandt.

Die Malaria ist weitaus am verbreitetsten in der tropischen und subtropischen Zone, wo sie als die verheerendste unter allen Krankheiten auftritt; in der kalten Zone fehlt sie gänzlich, in der gemässigten zeigt sie theilweise noch sehr starke Verbreitung. Innerhalb Europas herrscht Malaria besonders in Süd-Russland, den Donau-Niederungen Ungarns und der Donaufürstenthümer, in der Po-Ebene und am grössten Theil der Westküste Italiens von Pisa abwärts, im Weichseldelta und in den Marschen Ostfrieslands und Hollands. Namentlich

in der letztgenannten Gegend wie überhaupt in ganz Europa ist die Krankheit in den letzten Jahren sehr stark zurückgegangen.

Ausgedehnte Landstrecken in Europa und ebenso in der tropischen Zone sind völlig frei von Malaria; so z. B. fast ganz Mittel- und Süddeutschland, England, ein grosser Teil Frankreichs u. s. w.

Manche Gegenden sind nicht dauernd immun, sondern werden nur zuweilen von Malaria-Epidemieen betroffen, die sich über weite Strecken verbreiten. Nicht selten wird auch beobachtet, dass im Laufe längerer Jahrzehnte Malariaherde zu immunen Orten umgewandelt und umgekehrt früher unempfängliche Gegenden für Malaria disponirt werden. In solchen Fällen liegen meist Aenderungen der Bodenoberfläche (Trockenlegung, Entwaldung u. dgl.) vor.

Vergleichende Untersuchungen über die Eigenschaften des Malariabodens haben alle früheren Beobachter zu der Anschauung geführt, dass nur ein Boden von relativ hoher Feuchtigkeit, von zeitweise grosser Wärme und von einem beträchtlichen Gehalt an organischen Stoffen für Malaria disponirt sei. Von diesen Bodeneigenschaften nahm man früher an, dass sie für das Gedeihen der Malariaerreger selbst erforderlich seien, während man sie jetzt als die Entwicklungsbedingungen der Zwischenwirthe der Erreger, Anopheles, anspricht.

Die nöthige Feuchtigkeit findet sich niemals auf compaktem Felsboden, selten auf zerklüftetem Felsboden, häufig dagegen in porösem Schwemmboden. Hier kann sie theils durch hohen Stand des Grundwassers, theils durch Austreten von Flüssen, theils dadurch bewirkt werden, dass die schwer durchlässigen oberen Bodenschichten die Niederschläge lange zurückhalten. Oft bietet geradezu sumpfiges Terrain, wie es sich auf Ebenen oder in muldenförmigen Thälern entwickeln kann, Malariagefahr; oft ist der betreffende Boden während eines Theils des Jahres trocken und besitzt nur zeitweise den erforderlichen hohen Feuchtigkeitsgrad. Dauernd trockener Boden ist stets frei von Malaria; ebenso ein ständig mit Wasser überfluthetes Terrain. — Mancher scheinbar disponirte feuchte Boden lässt trotzdem Malaria vermissen; vielleicht nur, weil zufällig keine Anopheles dorthin gelangt sind, oder weil irgend einer anderen Lebensbedingung derselben nicht entsprochen ist, oder weil ihnen keine Gelegenheit zur Aufnahme von Parasiten gegeben war.

Die für einen Malariaboden erforderliche Wärme beträgt mindestens 15—16°. Gegenden, in welchen die Lufttemperatur im Mittel des wärmsten Monats diese Höhe nicht erreicht, sind immun. Auch eine Maximalgrenze für die Temperatur scheint zu existiren, doch ist dieselbe nicht genauer ermittelt.

Der Gehalt des Bodens an organischen Stoffen kann stark variiren; ein Mehr oder Weniger scheint von geringem Einfluss auf die Malariadisposition zu sein.

Neben der örtlichen Disposition giebt sich in den meisten Malariagegenden eine deutliche zeitliche Disposition zu erkennen. In der nördlichen gemässigten Zone zeigt die Malaria zwei Maxima, im Frühling und im Herbst; in südlicheren Ländern ist nur ein Maximum ausgeprägt, das den Sommer und Herbst umfasst; in tropischen Malariagegenden treten häufigere Erkrankungen erst mit dem Beginn der Regenzeit auf, erreichen mit dem Nachlass derselben ihr Maximum und nehmen dann wieder ab. — In der kälteren Zone ist es vorzugsweise die Wärme, welche variirt und die zeitliche Disposition bestimmt, während die Feuchtigkeit weniger schwankt, in der heissen Zone fehlt es dagegen nie an der erforderlichen Wärme und der zeitlich schwankende Faktor ist die Feuchtigkeit. — Die Witterung der einzelnen Jahre ist oft von sehr entschiedenem Einfluss auf die Malariafrequenz, aber die gleiche Witterung wirkt an verschiedenen Orten sehr ungleich. Bei sehr feuchtem Terrain bringt anhaltender Regen Ueberfluthung und damit ein Erlöschen der Epidemie zu Stande, bei trockenerem Boden wirkt er auslösend auf dieselbe. Trockenes Wetter kann bei sehr feuchtem Terrain die Malaria begünstigen, bei weniger feuchtem derselben ein Ende bereiten.

Diese Beobachtungen über die örtliche und zeitliche Disposition decken sich im Allgemeinen mit dem, was wir über die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen von Anopheles claviger wissen. Dass die Malariaparasiten selbst in einem Boden von bestimmter Beschaffenheit saprophytisch wuchern können, dafür haben wir bis jetzt keine Anhaltspunkte. Man hat früher behauptet, dass in geeignetem Terrain Wasser und Luft die im Boden wuchernden Krankheitserreger verbreiten könne. Frühere kritische Untersuchungen und neuerdings Versuche von Celli lassen aber eine Uebertragung durch Wasser als völlig unerwiesen erscheinen. Wasser aus exquisiten Malariagegenden in malariafreie Gegend transportirt und hier von Gesunden getrunken, hat keine Erkrankung ausgelöst; und die Zuleitung einwandfreien Trinkwassers zu Malariagegenden hat dort die Malariaverbreitung nicht vermindert. Gegen eine Uebertragung der Keime durch Luft spricht die scharfe vertikale und horizontale Begrenzung des Infektionsbereichs, so zwar dass z. B. eine gewisse Erhebung der Wohnungen über das Terrain bereits ausreicht, um Schutz gegen Infektion zu gewähren; ferner spricht dagegen der Wechsel der Infektiosität mit der Tageszeit und die sehr erhebliche Steigerung zur Abend- und Nachtzeit.

Alle Erfahrungen über die Verbreitung der Malaria lassen sich vielmehr verstehen, sobald man als einzigen Uebertragungsmodus die Einverleibung der Parasiten durch deren Zwischenwirth Anopheles claviger, gelten lässt.

Die Beschreibung dieser Stechmückenart siehe S. 89. Die Anophelesmücken deponiren ihre Eier in seichten Gewässern, sumpfigem Boden; aus jedem Ei kriecht eine circa 1 cm lange Larve aus, die auf ein Leben im Wasser angewiesen ist. Dann folgt die Verpuppung, schließlich das Ausschlüpfen des Insekts. Für den ganzen Entwicklungskreis bedarf es bei 20—25° Wärme etwa 30 Tage.

Eine endemische Ausbreitung von Malaria kommt nach allen neueren Beobachtungen nur da vor, wo Anopheles claviger seine oben beschriebene Entwicklung fortdauernd durchmachen kann. Sumpfiges Terrain fand Koch z. B. im Tengger-Gebirge auf Java; dorthin wird durch Kranke, die von den ausgedehnten Malariaherden der Insel kommen, wiederholt Malaria eingeschleppt, es findet aber keine Verbreitung auf sesshafte Bewohner statt, weil es dort an Anopheles fehlt.

Endemische Malaria hat also nach unseren heutigen Vorstellungen drei Voraussetzungen:

Erstens: Malariakranke mit Parasiten; aus dem Blut dieser Kranken müssen die Anopheles-Mücken die Parasiten aufnehmen. — Koch hat festgestellt, dass im Gebiet der tropischen Malaria bei neu zugereisten Erwachsenen die Krankheit nach 3—4 Jahren zur Immunität zu führen pflegt, falls nicht der Tod eingetreten ist. Die Erwachsenen unter der ansässigen Bevölkerung sind sämmtlich immun und haben keine Parasiten mehr im Blut. Dagegen finden sich diese bei den Kindern bis zum Alter von 5—10 Jahren, wo auch sie Immunität erworben zu haben pflegen.

Zweitens: Anopheles-Mücken müssen reichlich vorhanden sein, also gute Lebensbedingungen vorfinden; diese müssen Blut von Malariakranken aufnehmen können und die Parasiten (innerhalb 10—12 Tagen) bis zur Bildung freier Sichelkeime zur Entwicklung bringen.

Drittens: Empfängliche Menschen müssen von Anopheles, welche 10—12 Tage oder länger vorher von Malariakranken Blut aufgenommen hatten, gestochen und beim Stich mit Sichelkeimen inficirt werden.

Die Prophylaxis kann eine dieser drei Bedingungen auszuschalten versuchen.

Erstens lässt sich versuchen, die Malariaparasiten im erkrankten Menschen zu vertilgen. Dies gelingt nach Koch dadurch, dass man bei den Kindern Blutuntersuchungen vornimmt (ebenso bei kürzlich zugereisten Erwachsenen). Alle, bei denen Parasiten gefunden werden

sind einer konsequenten Chininbehandlung bis zur Tilgung der Parasiten zu unterwerfen. Sie sollen in den fieberfreien Intervallen täglich 1 g Chinin bekommen, bis keine Parasiten mehr gefunden werden; dann erhalten sie 7 Tage kein Chinin, dann 2 Tage je 1 g Chinin und so fort mindestens 2 Monate.

Zweitens: Das Eingreifen von Anopheles lässt sich dadurch ausschalten, dass man die Stechmücken mit parasitentragenden Menschen nicht in Berührung kommen lässt. Dies ist bei bettlägerigen Patienten wohl durchführbar, nicht aber für die weit grössere Zahl der ambulanten Parasitenträger. — Eher wird man vielleicht mit einer Vertilgung der Stechmücken bezw. ihrer Larven zum Ziele kommen. Zur Larventödtung in Wasser und Boden sind z. B. schweflige Säure, Salzsäure, Kaliumpermanganat, Ammoniak empfohlen, in neuerer Zeit besonders Petroleum, Formalin und gewisse Anilinfarben (Malachitgrün, Larvicid). Die ausgeschlüpften Mosquitos können in der Luft durch schweflige Säure, Ammoniak, Leuchtgas, Formaldehyd, ferner durch stark riechende Substanzen wie Terpentin, Jodoform, Menthol, Kampher getödtet werden. Sehr kräftige Wirkung kommt auch dem Tabaksrauch und dem Rauch von einem Pulver, bestehend aus Chrysanthemumblüthen, Pyrethrum, Eukalyptusblättern, Quassiaholz u. s. w. zu. — Auf der Gefangeneninsel Asinara soll eine Vertilgung der Stechmücken dadurch gelungen sein, dass alle Wasserflächen mit Petroleum übergossen und gleichzeitig die Wohnungen stark ausgeräuchert sind.

In den meisten Malariagebieten wird indess eine Mosquitovertilgung mit diesen Mitteln nicht vollständig gelingen. Es wird aussichtsvoller sein, den Stechmücken ihre Existenzbedingungen dadurch zu beschränken, dass der Boden trocken gelegt wird. Insbesondere kleine Wassertümpel sind zu beseitigen; Unterholz ist zu entfernen. Drainage und die sonstigen S. 349 aufgeführten Mittel kommen ferner in Frage. In Städten kann auch durch dichte glatte Pflasterung von Strassen und Höfen und gute Entfernung alles auf die Oberfläche gelangenden Wassers Abhülfe geschaffen werden.

Drittens: Die empfänglichen Gesunden können gegen die Mückenstiche geschützt werden; z. B. durch Mosquitonetze, die an den Oeffnungen der Wohnungen ausgespannt sind und die unbekleideten Stellen des Körpers bedecken. Grassi und Celli haben in dieser Weise einen Malariaschutz bei dem Bahnpersonal in Malariaterrains angeblich mit Erfolg durchgeführt. Auch durch Dämpfe von Pyrethrumpulver u. dgl. kann der Einzelne innerhalb der Wohnung sich gegen Stiche zu schützen suchen.

Einreiben der Haut zum Schutz gegen Mückenstiche hat man mit

Nelkenöl, Terpentin- und Camphersalben versucht, jedoch keine sichere Wirkung erzielt.

Sehr wichtig wäre es, wenn man die Empfänglichkeit der Gesunden künstlich beseitigen könnte. Durch fortgesetzte prophylaktische Chininbehandlung, alle 3 Tage 0,5 g, gelingt eine gewisse Immunisirung; doch ist dieselbe kaum in weitesten Kreisen durchführbar. Eine einfache zuverlässige Immunisirung gegen Malaria bleibt nach wie vor dringendes Desiderat.

10. Tuberkulose.

Die Tuberkulose ist in der gemässigten Zone die verbreitetste Infektionskrankheit; 12 % aller Todesfälle, etwa 30 % aller Todesfälle im Alter von 15—60 Jahren sind durch Phthise bedingt; zahlreiche Todesfälle kommen ausserdem durch Darmtuberculose, Hirntuberculose etc vor. In Deutschland sterben auf 10000 Lebende im Alter von 0—2 Jahren = 23, im Alter von 2—15 Jahren = 9, im Alter von 15—40 Jahren = 26, im Alter von 50—70 Jahren = etwa 60 an Tuberkulose. Die Zahl der vom Tuberkelbacillus Inficirten ist noch viel bedeutender; in mehr als der Hälfte aller Leichen — bei einem gewissen Industriebetrieben entstammenden Sektionsmaterial sogar in 90 % — findet man neuerdings tuberculöse Herde, darunter aber die Mehrzahl in ausgeheiltem Zustand. Die Krankheit ist für die socialen Verhältnisse um so bedeutsamer, als sie chronisch verläuft und gewöhnlich bereits sehr lange Zeit vor dem Tode die Kranken erwerbsunfähig macht. — Der ursprüngliche Erreger der Tuberculose ist stets der Tuberkelbacillus. In vorgeschrittenen Stadien der Phthise sind andere Bakterien, namentlich Streptokokken, Influenzabacillen, Pneumokokken etc., an dem Zerstörungswerk und an den Symptomen (hektisches Fieber) wesentlich betheiligt.

Abgesehen von der Vererbung der Keime, die sehr selten Ursache der Erkrankung zu sein scheint, fungiren als Infektionsquellen: vor Allem das Sputum der Phthisiker, das in grösster Menge verbreitet wird; sehr selten Darmausleerungen bei Darmtuberculose; ferner die mit Sputum beschmutzte Wäsche, Kleidung, Theile der Wohnung, Utensilien; insbesondere aber die mit ausgehusteten Tröpfchen oder mit staubförmigem Sputum erfüllte Wohnungsluft. — Als wichtige Infektionsquelle kommt ausserdem die Milch perlsüchtiger Kühe, die namentlich in grösseren Städten sehr oft zum Verkauf gelangt, seltener das Fleisch perlsüchtiger Thiere in Betracht, falls die neuerdings von Koch angezweifelte Identität der Krankheitserreger der Perlsucht und der menschlichen Tuberkulose dennoch vorhanden sein sollte.

Die Transportwege für den Infektionserreger sind — abgesehen von dem Genuss roher Milch und namentlich der Butter (vgl. S. 262) — Kontakte und Einathmung. Durch Berührung phthisischen Sputums oder mit Sputum beschmutzter Kleider etc. kommen im Kindesalter vermuthlich sehr zahlreiche Uebertragungen zu Stande. Phthisische Mütter inficiren die Kinder durch Küsse, durch ihre Finger, an denen Sputumtheile haften; die Kinder berühren mit ihren Händen den mit Sputum verunreinigten Fussboden und führen dann die Finger in den Mund. Zahllose Möglichkeiten dieser Art werden dazu führen, dass Kinder in einer Umgebung von Phthisikern sich Kontaktinfektionen zuziehen. — Beim Erwachsenen werden die Kontakte zurücktreten, weil die Hände nicht mit dem Fussboden in Berührung kommen und nicht so leicht ungereinigt in den Mund geführt werden. Immerhin werden auch hier durch Berührung inficirter Kleider, Wohnungstheile, Utensilien (Bücher, Akten) zuweilen vereinzelte Tuberkelbacillen in Mund und Nase gelangen. Von da können sie — selten und wohl nur unter besonderen begünstigenden Umständen beim Erwachsenen, häufig dagegen beim Kinde — auf den Lymphbahnen in Lymphdrüsen und von diesen aus oft erst nach Jahren an disponirten Stellen des Körpers zur Ansiedlung und Wucherung gelangen.

Der offenbar häufigere und für Erwachsene fast ausschliesslich in Betracht kommende Weg zur Infektion der Lunge besteht in der Einathmung von Tuberkelbacillen. Experimentell ist an den verschiedensten Versuchsthieren dieser Infektionsmodus als ein ganz besonders gefährlicher festgestellt; sowohl feinste mit Tuberkelbacillen beladene Tröpfchen, als feiner Sputumstaub rufen, der Inspirationsluft beigemengt, schon in sehr kleinen Dosen tödtliche Infektion hervor. Es ist kein Grund anzunehmen, dass beim Menschen mit seinem grösseren Athemvolum und seinem kräftigeren Inspirationsstrom eine Infektion nicht erfolgen sollte, wenn Tuberkelbacillen in Form feinster Tröpfchen oder feinsten Staubes in der eingeathmeten Luft schweben.

Eine Beladung der Luft mit infektiösen Tröpfchen kommt sehr oft in Wohnungen zu Stande, in welchen Phthisiker stark husten. Jeder Phthisiker verspritzt gelegentlich, in gewissen Phasen seiner Krankheit, derartige Tröpfchen; viele produciren dieselben dauernd; manche in ausserordentlicher Menge. Die Hauptmenge der Tröpfchen erfüllt nur in der Nähe des Kranken die Luft und setzt sich bald zu Boden; in 80 cm Entfernung sind nur noch selten in solcher Weise verschleuderte Tuberkelbacillen nachweisbar; in vereinzelten Fällen verbreiten sich die Tröpfchen bis $1^1/_2$ Meter in horizontalem Abstand vom

Hustenden, oder auch $^1/_2$ Meter aufwärts. Die Menge der in dieser Form in der Luft schwebenden Tuberkelbacillen ist um so grösser, je mehr der Kranke hustet, je reicher das Sputum und die im Munde verbleibenden Sputumreste an Tuberkelbacillen sind und je mehr die Art des Patienten, zu husten, eine Verstreuung unterstützt. — Die in den abgesetzten Tröpfchen enthaltenen Tuberkelbacillen haben eine kurz begrenzte Lebensdauer. Durch Licht und völliges Austrocknen gehen sie um so rascher zu Grunde, je feiner die Tröpfchen waren. Eine Verwandlung der angetrockneten Tröpfchen in flugfähigen Staub mit lebenden Tuberkelbacillen scheint daher kaum je vorzukommen.

Die Gefahr, Tröpfchen mit Tuberkelbacillen durch Inhalation aufzunehmen, muss sehr erheblich für diejenigen Menschen sein, welche sich dauernd in der Nähe eines stark hustenden und verspritzenden Phthisikers befinden. Bei Ehegatten, bei Mutter und Kind, bei Arbeitern und Bureaubeamten, die in nächster Nähe eines Phthisikers beschäftigt sind, bei Schülern, die in der Nähe des phthisischen Lehrers sitzen, wird die Uebertragung sich in dieser Weise im Laufe längerer Zeit häufig vollziehen. Kurzes, gelegentliches Zusammensein mit einem Phthisiker wird in keinem Falle ernstere Chancen für eine Uebertragung bieten, weil dafür die Zahl der in der Luft schwebenden infektiösen Tröpfchen stets zu gering ist; freilich lässt sich die Möglichkeit einer Infektion nie ganz ausschliessen.

Trockener Sputumstaub mit lebenden Tuberkelbacillen kann sich dann in der Einathmungsluft finden, wenn das Sputum so behandelt ist, dass feinste flugfähige Stäubchen daraus entstehen. Der Auswurf, welcher in irgend einem Spucknapf aufgefangen wird, erleidet eine solche Zerkleinerung niemals. Dieselbe erfolgt vielmehr nur dann, wenn das Sputum auf den Fussboden oder Teppich geräth, dort eintrocknet, von den Füssen fein zerrieben und dann durch Klopfen, Fegen u. dgl. aufgewirbelt wird; oder dadurch, dass Sputumtheile in Taschentücher oder an Kleider gerathen, hier antrocknen und durch Hantirungen, an leichtesten Stofffasern haftend, abgelöst werden und in die Luft übergehen. Sehr selten sind diese infektiösen Stäubchen so leicht, dass sie längere Zeit in der Luft schweben; eine dauernde Beladung der Luft kommt nur da zu Stande, wo mechanische Erschütterungen und stärkere Luftbewegung immer wieder die Staubpartikel in die Luft überführen. Eine erhebliche Infektionsgefahr wird daher von dieser Seite nur drohen in einer Wohnungsluft mit grob sichtbarem Staub, der sich bis zu Kopfhöhe erhebt; fehlt es an solcher Staubbildung, so ist der Gehalt der oberen Luftschichten an trockenen Sputumtheilchen selbst in Räumen, in denen sich Phthi-

siker aufhalten, gering und bietet wenig Infektionschancen. Von grosser Bedeutung ist das aus sehr zahlreichen Untersuchungen hervorgehende Ergebniss, dass tuberkelbacillenhaltiger Staub trotz der grossen Verbreitung der Phthise nicht etwa ubiquitär in der Luft aller Strassen, Verkehrsmittel, Arbeitsräume sich findet, wo sich Phthisiker gelegentlich aufhalten. Strassenstaub kann zweifellos Tuberkelbacillen enthalten; aber hier tritt, wenn Staubaufwirbelung erfolgt, im Allgemeinen sogleich eine solche Verdünnung ein, dass die Passanten einer ernstlichen Gefahr nicht ausgesetzt sind (siehe S. 167). Durch eine Häufung von Phthisikern auf begrenztem Terrain (Kuranstalten) und rücksichtslose Entleerung des Sputums auf den Boden können allerdings die Infektionschancen gesteigert werden. — In geschlossenen, der staubaufwirbelnden Kraft des Windes entzogenen Räumen mit stärkerem Menschenverkehr ist die Luft in Kopfhöhe selten infektiös. Es geht dies aus der Untersuchung des in Kopfhöhe abgelagerten lockeren Staubes derartiger Räume mit aller Bestimmtheit hervor. Zahlreiche Proben aus Wartesälen, Bureaux, Fabriken, Strassenbahnwagen u. s. w. ergaben durchaus negative Resultate bezüglich des Gehalts an Tuberkelbacillen. Selbst in Wohnungen von Phthisikern wurden unter 60 Proben von Staub, der in mindestens 1 Meter Höhe abgelagert war, keine Tuberkelbacillen gefunden; und nur in Phthisiker-Krankensälen war unter 60 Proben 3mal der Staub tuberkelbacillenhaltig. — Wischt man die unteren Regionen des Zimmers nicht trocken, sondern mit feuchten Schwämmchen ab, so ist natürlich die Ausbeute erheblich grösser. Aber selbstverständlich bekommt man bei dieser Entnahme vorzugsweise Sputumtheile, welche nie die Eigenschaft besassen, bis zu Kopfhöhe flugfähig zu sein, sondern höchstens für eine Contaktinfektion in Frage kommen können.

Die individuelle Empfänglichkeit des Menschen gegenüber dem Tuberkelbacillus ist eine sehr ausgedehnte; wir sehen dies aus dem enormen Procentsatz der an Tuberkulose Sterbenden und aus dem noch viel höheren Procentsatz, in welchem gewisse, durch Tuberkelbacillen verursachte Veränderungen bei den Sektionen gefunden werden. Andererseits zeigen uns gerade diese letzteren Beobachtungen, sowie die Erfahrungen über Verlauf und Dauer der Erkrankung bei den verschiedenen Phthisikern, dass offenbar eine sehr mannigfaltige Abstufung der individuellen Disposition vorliegt. Ob überhaupt ein Mensch dauernd jeder Art der Infektion mit Tuberkelbacillen zu widerstehen vermag, ist zweifelhaft. Meist begegnen wir einer graduell variirenden Disposition, welche bewirkt, dass bei dem Einen nur kurze Erkrankung und Ausheilung eintritt, bei dem Anderen sehr protrahirte

Erkrankung, die erst durch Complikationen zum Ende führt, beim Dritten eine akut tödtlich verlaufende Affektion. Gerade diese graduelle Ungleichheit bei verschiedenen Individuen, sowie der zeitliche Wechsel der Disposition bei demselben Individuum erschweren die Beurtheilung der Mitwirkung dieses Faktors ausserordentlich.

Wann die Altersdisposition am grössten ist, das ergiebt sich einigermassen aus der oben angeführten Sterblichkeit der verschiedenen Altersklassen. Jedoch ist auch hier zu berücksichtigen, dass unerkannte Anfänge der Erkrankung oft um viele Jahre hinter dem Tode zurückliegen.

Im übrigen ist über diejenigen Körperverhältnisse, welche es nach der Infektion zu einer ausgedehnteren Erkrankung kommen lassen, noch wenig bekannt. Manche Autoren begnügen sich mit der Annahme, dass ein möglichst gesunder, nach den Regeln der allgemeinen Hygiene gepflegter Körper für Phthise nicht empfänglich sei. Andere sehen in chronischen Katarrhen gewisser Bronchien (Spitzenkatarrhe) eine besondere Disposition. Brehmer hat aus seinen reichen Erfahrungen die Ansicht entnommen, dass Menschen mit relativ kleinem Herzen und voluminöser Lunge, mit langem Thorax, ferner solche, die als letzte einer längeren Kinderreihe geboren wurden, und solche, die in der Jugend schlechte Esser waren und in der Pubertät an Herzpalpitationen litten, für Phthise disponirt seien.

Bezüglich der örtlichen und zeitlichen Disposition ist bereits S. 141 und 144 die völlige Immunität grosser Höhen, die relative Immunität mässiger Höhen und der Seeküsten, sowie die Akme der Todesfälle im Winter und Frühjahr hervorgehoben und erläutert. Im übrigen treten zwischen einzelnen Ländern, Provinzen und Städten noch vielfach Differenzen hervor, die aber keineswegs auf Einflüsse der Bodenbeschaffenheit etc. hindeuten, sondern in Verschiedenheiten der Dichtigkeit der Bewohnung, der Wohlhabenheit, der Beschäftigungsweise etc. ihre volle Erklärung finden.

Prophylaktische Maassregeln. Nachdem die neueren Untersuchungen mit voller Deutlichkeit gezeigt haben, dass — abgesehen von Milch und Butter, deren Unschädlichmachung als Infectionsquellen bereits früher besprochen wurde — vorzugsweise der Kranke durch die von ihm beim Husten verspritzten Tröpfchen und durch sein unter Umständen in flugfähigen Staub verwandeltes Sputum die wesentlichste Infektionsgefahr bietet, muss auch die Bekämpfung der Phthise sich in erster Linie gegen den Kranken wenden.

Wie bei anderen contagiösen Krankheiten kommt zunächst die Meldepflicht und die Isolirung des Kranken in Frage. Nun würde es zwar undurchführbar sein, in jedem Fall von beginnender, oft

wieder ausheilender oder sich über viele Jahre hinziehender Phthise die Meldepflicht und die Isolirung des Kranken zu verlangen. Aber andererseits wäre es von allergrösster Wichtigkeit, wenn wir eine gesetzliche Handhabe bekämen, um in solchen Fällen, wo der Phthisiker in evidentem Maasse eine Gefahr für seine Umgebung bildet, besondere Vorsichtsmaassregeln in Anwendung zu ziehen. Diese könnten in zeitweiser Isolirung bestehen; oder in dem Untersagen einer Thätigkeit, durch welche er zahlreiche Menschen mit Ansteckung bedroht (Lehrer); oder wenigstens darin, dass der Kranke angehalten wird, das Anhusten seiner Mitbewohner zu unterlassen und das Sputum vorschriftsmässig zu sammeln und zu desinficiren; endlich darin, dass die von dem Phthisiker verlassene Wohnung und dessen Kleidung desinficirt wird. Zu einem Theil sind derartige Maassregeln bereits verwirklicht durch die zahlreichen Lungenheilstätten, die einen grossen Procentsatz der infektiösen Kranken aussondern, den Verlauf der Erkrankung günstig beeinflussen und die Kranken zu einem Verhalten erziehen, durch das die Gefahr für die Umgebung erheblich herabgemindert wird. — Ausser der segensreichen Thätigkeit der Lungenheilstätten wird es aber auch erforderlich sein, Asyle für vorgeschrittene Stadien zu gründen und durch deren Ausscheidung die schlimmsten Infektionsquellen nach und nach zu beseitigen. In Norwegen hat ein solches, durch ein besonderes Gesetz sanktionirtes Vorgehen bereits begonnen, das voraussichtlich einen wichtigen Schritt zur Tilgung der Tuberculose in jenem Lande bedeuten wird.

Bei den nicht isolirten Kranken kommt vor allem eine Beseitigung des Sputums und die Verhütung der Tröpfcheninfektion in Betracht. — Der Auswurf soll nie auf den Fussboden entleert werden (auch nicht in Restaurants, Wartehallen, Bahnwagen etc.), sondern stets in einen Spucknapf. Meistens schreibt man die Füllung der Spucknäpfe mit Wasser, Carbolwasser u. dgl. vor und warnt vor trockener Füllung. Diese Warnung ist unbegründet; zu einem Verstäuben von Tuberkelbacillen aus einem Spucknapf heraus kommt es auch bei Füllung mit Sand, Kaffeesatz, Lohe, Holzwolle u. dgl. niemals, ausser wenn man unnatürliche Versuchsbedingungen einführt. Trockene Füllung ist aus praktischen Gründen sogar meist vorzuziehen. — Die Entleerung, Desinfektion und Reinigung der Spucknäpfe bereitet viel Schwierigkeiten. Eine wirksame Desinfektion erfolgt nur durch starke (5 p. m.) Sublimatlösung; ferner durch Kochen (KIRCHNER's Sputumdesinfektor). Einfacher, billiger und für das Personal angenehmer ist die Verwendung von verbrennbaren Carton-Spucknäpfen (von FINGERHUT & Co. in Breslau zu verschiedensten Preisen

geliefert). — Ist ein Spucknapf nicht erreichbar, so soll der Kranke entweder ein Spuckfläschchen (nach KNOPF oder DETTWEILER) bezw. ein verbrennbares Cartonspuckfläschchen benutzen; oder der Auswurf ist ausnahmsweise in das Taschentuch zu entleeren. Die hierzu verwendeten Taschentücher, ebenso die Tücher, welche bei heftigem Husten vor den Mund gehalten oder mit welchen Sputumreste von Mund und Bart abgewischt waren, sind höchstens einen Tag zu benutzen, weil sonst solches Austrocknen stattfinden kann, dass sich Fasern mit trockenen Sputumtheilchen leicht ablösen. Die Taschentücher sind demnächst zu desinficiren. Empfehlenswerth ist die thunlichste Benutzung von Papiertaschentüchern (bei FINGERHUT & Co. 10 Stück für $3\frac{1}{2}$ Pfg.), die nach dem Gebrauch verbrannt werden. — Sputumreste finden sich bei den meisten Kranken noch an den Kleidern (Tascheneingang) und an den Fingern. Letztere sind so häufig als möglich (unbedingt nach merklicher Beschmutzung mit Sputum) zu reinigen; die Kleider sind von Zeit zu Zeit zu desinficiren. — Selbstverständlich ist ferner Staubentwicklung in Räumen mit Phthisikern nach Möglichkeit zu vermeiden; die Reinigung ist stets feucht vorzunehmen; statt der Teppiche sollen abwaschbare glatte Auflagen den Fussboden bedecken. — Von Phthisikern verlassene Wohnungen (Bureaux) sind nach den oben S. 581 gegebenen Vorschriften zu desinficiren.

Die Tröpfcheninfektion soll dadurch vermieden oder möglichst eingeschränkt werden, dass der Phthisiker sich während der Hustenstösse auf Armlänge von anderen Menschen fernhält, den Kopf von diesen abwendet und wo möglich das Taschentuch vor den Mund hält. In Arbeitsräumen, Bureaux u. dgl. betrage der Abstand zwischen den Köpfen der Arbeitenden mindestens 1 Meter. An Schreibpulten lässt sich eine trennende Glaswand von $\frac{1}{2}$ Meter über Kopfhöhe zwischen den einander gegenübersitzenden Schreibenden anbringen, zwischen benachbarten Arbeitern seitlich trennende Zwischenwände. Auch im Krankenzimmer ist die Abgrenzung des Bettes durch einen durchsichtigen oder undurchsichtigen glatten Vorsetzer oft von grossem Vortheil. Die Hauptsache bleibt indess immer die richtige Erziehung des Kranken zu einem die Umgebung möglichst wenig gefährdenden Hustenmodus und zu vorschriftsmässiger Beseitigung des Sputums.

In dieser Weise kann der Kampf gegen die Ausstreuung des Contagiums zweifellos ausserordentlich wirksam geführt werden; und die Vorstellung, als ob man wegen der zu grossen Verbreitung der Infektionsquellen auf deren Bekämpfung besser ganz verzichten müsse, ist eine durchaus irrige.

Dagegen lässt sich einstweilen keine praktische Prophylaxis auf-

bauen auf eine Verminderung der Disposition. Die noch sehr wenig aufgeklärte specifische Disposition lässt sich höchstens insofern berücksichtigen, als man Menschen mit chronischem Bronchialkatarrh und von dem oben geschilderten phthisischen Habitus vor Infektion möglichst schützt, sie reichlich zu nähren versucht, in einem gegen Erkältungen geschützten Klima leben lässt etc. — Mit der Empfehlung einer hygienischen Lebensweise zum Zweck der Erhöhung der allgemeinen Resistenz des Körpers gegen Infektionskrankheiten ist bei der Tuberculose um so weniger geholfen, als eine fast das ganze Leben hindurch dauernde Bedrohung durch das Contagium vorliegt und also fortgesetzt eine völlige Intaktheit aller Schutzvorrichtungen des Körpers erhalten werden muss. Eine solche gründliche Besserung der Gesundheit und der Seuchenfestigkeit in breitesten Schichten der Bevölkerung ist erst von einer total veränderten socialen Lage und auch dann nur unvollkommen zu erwarten. Abhülfe gegen eine einzelne Infektionskrankheit und speciell gegen Tuberculose innerhalb absehbarer Zeit gewährt uns im wesentlichen nur die specifische Bekämpfung des Contagiums oder die specifische Immunisirung.

Litteratur: Allgemeine Aetiologie der Infektionskrankheiten: Hirsch, Handbuch der historisch-geographischen Pathologie, I—III, 1881 ff. — v. Ziemssen, Handbuch der spec. Pathol. u. Therapie, 2. Band. Akute Infektionskrankheiten, Th. I—IV. — Kruse, Kap. „Krankheitserregung" in Flügge, Die Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896. — Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, hygienischer Theil, 1894.

Immunität: Vgl. die neueren Arbeiten von Behring, Brieger, Ehrlich, Kitasato, Pfeiffer und Kolle u. A. in der Zeitschr. f. Hyg.; von Buchner, Knorr, Wernicke in der Münch. med. Wochenschrift und Arch. f. Hygiene; von Metschnikoff, Roux, Vaillard u. A. in Virchow's Archiv und Annales de l'Inst. Pasteur. Zusammenfassungen: Ehrlich, Schlussbetrachtungen in Bd. XIII von Nothnagel's Spec. Path. u. Ther. Wien 1901. — Metschnikoff, Immunität, im Handb. d. Hygiene, Jena 1897. — L'immunité, Paris 1901. — Dönitz, Klinisches Jahrb. Bd. VII 1899.

Desinfektion: Gaffky, Verh. d. Ver. f. öff. Ges. in Braunschweig 1890. — Kirstein, Leitfaden für Desinfectoren, 1901. — Flügge, Klinisches Jahrb. Bd. VII.

Cholera infantum: Boeckh, Ber. des internat. Hygiene-Cogresses zu Wien 1887. — Würzburg, Arbeiten a. d. Kaiserl. Ges.-Amt, Bd. IV, 1888. — Bernheim, Zeitschr. f. Hyg., Bd. IV. — Meinert, Deutsche medic. Wochenschr. 1888.

Cholera asiatica: Koch u. Gaffky, Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera u. s. w., 1887. — Koch, Zeitschr. f. Hyg., Bd. XIV u. XV. — Flügge, ibid., Bd. XIV. — v. Pettenkofer, Zum gegenwärtigen Stand der Cholerafrage, Arch. f. Hygiene, Bd. V u. VI.

Diphtherie: Loeffler, Arbeiten a. d. Kaiserl. Ges.-Amt, Bd. II. — Berl. klin. Woch. 1890. Nr. 39. — Behring, Geschichte der Diphtherie 1893. — C. Fränkel, Verh. d. Ver. f. öff. Ges. in Kiel 1896.

Influenza: Wutzdorff, Arbeiten a. d. Kaiserl. Ges.-Amt Bd. IX 1894. — Friedrich, ebenda. — Die Grippe-Epidemie im deutschen Heere 1889/90. bearbeitet von der Medicinalabth. des Kgl. Preuss. Kriegsminist., 1890.

Pest: Bericht etc. der Kommission. Arbeiten a. d. Kaiserl. Ges.-Amt Bd. XVI. 1899. — Müller und Pöch, die Pest, in Nothnagel's Spec. Path. und Ther. Wien 1900.

Malaria: R. Koch, Berichte, Deutsche med. Wochenschr. 1899 u. 1900. — Ziemann, Malaria und andere Blutparasiten, Jena 1898. — Celli, die Malaria, in Behring's Beitr. zur exp. Therapie 1900.

Tuberkulose: Koch, Arbeiten a. d. Kaiserl. Ges.-Amt, Bd. II. — Cornet, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. V. — Die Tuberkulose; In Nothnagel's Spec. Path. u. Ther. Wien 1900. — Berichte der Tuberkulose-Congresse in Berlin und London 1899 u. 1901.

Anhang.

Die wichtigsten hygienischen Untersuchungsmethoden.

I. Allgemeine Methodik der bakteriologischen Untersuchung.

A. Mikroskopische Untersuchung.

1. *Das Untersuchungsmaterial* (Eiter, Blut u. dergl., Organstückchen, künstliche Culturen) kann je nach seiner Concentration unverdünnt oder mit 0·7 procentiger Kochsalzlösung verdünnt verwendet werden. Ueber die Präparation von zähflüssigem oder breiigem Material sowie Organstückchen siehe unter 3.

2. *Reagentien*: a) Einfache Farblösungen: 1 bis 2 g Gentianaviolett oder Fuchsin oder Methylenblau oder Bismarckbraun in 100 ccm Wasser gelöst; vor jedem Gebrauch frisch filtrirt. — Oder man hält sich gesättigte alkoholische Lösungen in Vorrath („Stammlösungen") und setzt davon 20 ccm zu 80 ccm destillirten Wassers.

b) Löffler's Methylenblau. Zu 100 ccm destillirten Wassers giebt man 2 Tropfen einer 10 procentigen Kalilauge, mischt gut und setzt dann 30 ccm einer gesättigten alkoholischen Methylenblau-Lösung zu. Vor dem Gebrauch zu filtriren; spätestens nach 1 Woche neu anzufertigen.

c) Carbolfuchsin (Ziehl-Neelsen'sche Lösung): 100 ccm 5 procentiger Carbolsäure und 10 ccm gesättigte alkoholische Fuchsinlösung werden gemischt. Die klare Lösung hält sich sehr lange gebrauchsfähig. Ausser der concentrirten Lösung wird auch die 10 fach verdünnte vielfach benutzt.

d) Anilinwasser-Gentianaviolett: 5 ccm Anilinöl werden mit 100 ccm destillirten Wassers einige Minuten kräftig geschüttelt, dann durch ein angefeuchtetes Filter filtrirt; in 100 ccm des klaren Filters wird 1 g Gentianaviolett gelöst; oder man fügt zu 100 ccm Anilinwasser 11 ccm concentrirte alkoholische Gentianalösung. Erst nach 24 stündigem Stehen wird die Lösung unter Absetzen eines Niederschlages völlig klar und soll erst dann (nach Filtration) benutzt werden.

e) Picrocarmin: gebrauchsfertig von Grübler, Leipzig, zu beziehen.

f) Eosin: 2 g in 96 procentigem Alkohol lösen und zum Gebrauch mit 96 procentigem Alkohol 1 + 4 verdünnen.

g) Jodjodkaliumlösung nach GRAM: 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 10 bis 20 ccm destillirten Wassers lösen, dann bis 300 ccm mit destillirtem Wasser nachfüllen.

ferner: 60 procentiger und 96 procentiger Alkohol. — Salzsaurer Alkohol: 100 ccm 90 procentiger Alkohol + 20 Tropfen concentrirte Salzsäure. — Essigsäure: 0·5 bis 1 procentige wässrige Lösung. — Xylol. — Canadabalsam, am bequemsten in Blechtuben von GRÜBLER, Leipzig.

3. *Anfertigung von Deckglas-Präparaten.*

a) Ungefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten wird, event. nach Verdünnung mit 0·7 procentiger Kochsalzlösung, ein Tröpfchen auf den Objectträger gebracht, ein Deckglas aufgelegt und bei enger Blende das Präparat durchmustert.

Sollen Organe oder Culturen auf festem Nährboden untersucht werden, so bringt man zunächst auf den Objectträger ein Tröpfchen 0·7 procentiger Kochsalzlösung. Dann entnimmt man mit geglühtem Platindraht eine kleine Menge der Cultur oder ein kleines Partikelchen des Organs und zerreibt dasselbe in der Kochsalzlösung, legt ein Deckglas auf und untersucht.

Soll die Beobachtung von Mikroorganismen in ungefärbtem, lebendem Zustande längere Zeit fortgesetzt werden, so geschieht dies „im hängenden Tropfen“. In die Mitte eines gut gereinigten Deckgläschens wird ein kleiner Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht, sodann auf das Deckgläschen ein Objectträger mit Hohlschiff, dessen Rand mit Vaseline umzogen ist, aufgedrückt, so dass das Deckglas fest an dem Objectträger haftet. Nach dem Umdrehen des Präparats hängt dann der Tropfen vor Verdunstung geschützt in der Höhlung des Objectträgers. Handelt es sich um die Untersuchung von Culturen auf festem Nährboden, so bringt man einen Tropfen 0·7 procentiger Kochsalzlösung oder neutrale Bouillon auf das Deckgläschen, impft ihn mit der geglühten Platinnadel am Rande mit einer Spur Culturmasse und verfährt dann wie oben. Besichtigung im abgedunkelten Gesichtsfeld (tiefstehender Condensor bezw. enge Blende).

b) Gefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten entnimmt man mit der Platinöse ein kleines Tröpfchen, bringt es in die Mitte des reingeputzten Deckglases und breitet es mit Hülfe des Platindrahtes in möglichst dünner Schicht aus.

Von zähflüssigem oder breiigem Material, z. B. Sputum, entnimmt man ein kleines Partikelchen und bewirkt die Vertheilung in dünner Schicht auf dem Deckglas entweder ebenfalls mit Hülfe des Platindrahtes oder, wo dieses nicht angängig, in der Weise, dass man das Partikelchen zunächst auf die Mitte eines Deckglases bringt, dann ein anderes Deckglas auflegt und andrückt und nun die beiden Deckgläser in horizontaler Richtung auseinanderzieht.

Aus Organen (Leber, Milz, Lunge, Niere) entnimmt man mit geglühter Pincette ein kleines Stückchen von einer frischen Schnittfläche, und wischt damit einige Male über das Deckglas (Ausstrichpräparat).

Zur Untersuchung von Culturen auf festem Nährboden bringt man zunächst auf die Mitte des Deekglases ein ganz kleines Tröpfchen Kochsalzlösung mit der Platinöse; entnimmt dann mit der Spitze eines geglühten Platindrahtes eine sehr kleine Menge der Cultur und vertheilt dieselbe in dem Flüssigkeitstropfen. Der Tropfen wird dabei in sehr dünner Schicht über die Oberfläche des ganzen Deckglases ausgebreitet.

Die so hergestellte dünne Ausbreitung irgend eines beliebigen zu untersuchenden Materials muss nun zunächst vollständig lufttrocken werden. Am

besten erreicht man dies dadurch, dass man das Präparat mit der bestrichenen Seite nach oben auf den Tisch legt und ruhig trocknen lässt. — Soll das Antrocknen etwas beschleunigt werden, so erwärmt man das Deckglas gelinde, indem man es zwischen den Fingern ca. 50 cm über der Spitze der Flamme hin- und herbewegt. Keinesfalls darf dieses Erwärmen so stark sein, dass die auf dem Deckglas befindliche Flüssigkeit heiss wird oder gar anfängt zu sieden.

Die angetrocknete Schicht muss nun noch auf dem Deckglas *fixirt* werden, damit sich dieselbe bei der nachfolgenden Behandlung mit Farbstoff- und Waschflüssigkeiten nicht wieder ablöst. Es geschieht dies durch *starkes Erwärmen* der Schicht. Während das *nasse* Präparat nicht erhitzt werden darf, verträgt das *trockene* Präparat relativ hohe Hitzegrade, ohne dass die Zellen und Bakterien eine Formveränderung erleiden.

Am sichersten wird die Fixirung erreicht, indem man die lufttrockenen Deckgläser im Trockenschrank 2—10 Minuten auf 120—130° erhitzt. — Für die meisten Fälle aber genügt folgendes Verfahren: Man fasst das Deckglas mit einer Pincette und zieht es, die bestrichene Seite nach oben, dreimal in horizontaler Richtung durch die Flamme eines Bunsenbrenners, etwa mit der Schnelligkeit, mit der man Brot schneidet. Es ist hier etwas Uebung erforderlich, damit das Durchziehen weder zu langsam (dann verbrennt das Präparat) noch zu schnell geschieht (dann wird keine Fixation erreicht).

Das so präparirte Deckglas wird nunmehr gefärbt. Man giebt mit einer Tropfpipette einige Tropfen Farblösung darauf und lässt dieselbe einige Minuten einwirken; oder man lässt das Glas auf der in Schälchen gegossenen Farblösung schwimmen. — Will man die Färbung *verstärken* und *beschleunigen*, so fasst man das Deckglas mit der Pincette und erwärmt es über der Flamme so lange, bis die Farbflüssigkeit anfängt zu dampfen.

Hat der Farbstoff lange genug eingewirkt, so wird derselbe mit Wasser gut abgespült. Dann legt man das Deckglas mit der Präparatseite nach oben auf ein Blatt Filterpapier und drückt einen Objectträger so auf, dass das Deckglas an letzterem haftet. Von der oberen Fläche des Deckglases sind noch die letzten Spuren Wasser durch Abtupfen mit einem Bäuschchen Filterpapier zu entfernen. Dann setzt man einen Tropfen Immersionsöl darauf und untersucht bei hellstem Licht (hochstehender Condensor, offene Blende).

Ist das Präparat gelungen und soll dasselbe aufbewahrt werden, so wischt man zunächst das Oel von der Oberfläche des Deckglases ab und bringt mit einem Glasstabe rings um dasselbe auf den Objectträger reichlich Wasser. Das Deckglas wird bald auf dem Wasser schwimmen und kann dann, ohne dass das Präparat beschädigt wird, vom Objectträger abgezogen werden. Darauf legt man das Deckglas zwischen zwei Blätter Filterpapier und drückt sanft an, um das Wasser aufzusaugen; schliesslich lässt man das Deckglas an der Luft vollends trocken werden. Die *Trockenheit* muss eine absolute sein, da sonst mit dem Canadabalsam Trübungen entstehen. Nachdem man dann auf den Objectträger einen kleinen Tropfen Canadabalsam (der eventuell mit Xylol zu verdünnen ist) gebracht hat, drückt man das Deckglas vorsichtig auf, so dass sich der Balsam bis zum Rande verbreitet. In diesem Zustand muss das Präparat 8—14 Tage liegen bleiben, bis der Canadabalsam erstarrt ist und der Ueberschuss desselben mit dem Messer und Nachwischen mit Xylol entfernt werden kann.

4. *Behandlung von Schnitten.* Die Organstücke werden entweder mittelst Gefriermikrotoms frisch geschnitten und gefärbt; oder erst in Alkohol bezw. einem Gemisch von 30·0 Chloroform, 10·0 Eisessig und 60·0 Alkohol (96 procentig) aufbewahrt. — Von den in absolutem Alkohol gehärteten Organen werden kleine Stückchen abgeschnitten, der Alkohol mit Fliesspapier entfernt; dann bringt man auf die obere Fläche eines für die Klemme des Mikrotoms passend geschnittenen Korks einen Tropfen käuflichen flüssigen Leim, drückt das Organstückchen hinein und wirft wieder in Alkohol. (Statt des Leims kann man eine Auflösung von 10 g Gelatine in 20 g Wasser und 40 g Glycerin benutzen). Nach 1—2 Stunden ist der Leim völlig erstarrt.

Von zarterem Material erhält man bessere Schnitte, wenn man die Organstückchen erst in dem Eisessig-Chloroform-Alkohol-Gemisch (s. oben) mindestens einige Stunden conservirt, dann 4—6 Stunden in 96 procentigem Alkohol unter 2 stündlichem Wechsel desselben nachhärtet und in Paraffin einbettet. Die Stückchen kommen zunächst auf 2 Stunden in Xylol, sodann auf einige Stunden in ein Gemisch von Xylol und Paraffin (vom Schmelzpunkt 51°) āā, das man durch Einstellen in den Brütschrank (37°) flüssig hält, hierauf in reines, gleichfalls dauernd flüssig zu haltendes Paraffin auf mindestens 2 Stunden. Sodann füllt man ein Deckglasschächtelchen mit flüssigem Paraffin, bringt das paraffindurchtränkte Organstückchen hinein und lässt nun das Paraffin in einer Schale mit kaltem Wasser schnell zu einem festen Block erstarren, den man dann von der Schachtel befreien, für das Mikrotomtischchen passend zurechtschneiden und auf demselben durch etwas zwischengebrachtes flüssiges Paraffin befestigen kann.

Die Schnitte können in Spiritus gebracht und unbeschadet ihrer Färbbarkeit lange darin aufbewahrt oder sogleich auf Objectträger aufgeklebt werden. Hierzu bringt man sie zunächst auf $^1/_4$ Stunde in Xylol, sodann auf einige Minuten in 96 procentigem Alkohol, dann in warmes Wasser von 45° C., wo sie sich flach ausbreiten und leicht auf einem untergeschobenen Objectträger aufgefangen werden können. Man entfernt nun vorsichtig rings um den Schnitt und von der Unterseite des Objectträgers das überschüssige Wasser mit Fliesspapier und lässt den Rest des Wassers durch Einlegen des Objectträgers in den Brütschrank (37°) auf 24 Stunden verdunsten, wobei eine zur Vornahme nachfolgender Färbungen ausreichende Fixirung des Schnittes erreicht wird.

Für die Färbung wählt man die dünnsten, wenn auch kleinen, Schnitte aus. Man fasst dieselben mit einer rechtwinklig gebogenen Glas- oder Platinnadel und überträgt sie direct aus dem Alkohol in die Färbeflüssigkeit. Nachdem der Farbstoff eine halbe bis 24 Stunden eingewirkt hat, fischt man die Schnitte mit derselben Glas- oder Platinnadel wieder heraus und überträgt sie in die Entfärbungsflüssigkeit, wo sie mit der Nadel etwas hin- und herbewegt werden. Ist die Entfärbung vollendet, so überträgt man mit der Nadel den Schnitt in ein Schälchen mit nicht zu wenig reinem Alkohol, um das Wasser zu entziehen. Nach 5 Minuten überträgt man den Schnitt in Xylol oder erst in Nelkenöl und dann in Xylol. Hier breitet er sich von selbst aus und wird bald durchscheinend. Nach 1 Minute schiebt man einen Spatel unter den Schnitt und hebt ihn vorsichtig aus dem Xylol, wobei darauf zu achten ist, dass er auf dem Spatel glatt, ohne Falten und Knicke liegt. Nunmehr setzt man den Spatel mit seiner vorderen Kante auf die Mitte eines reinen Objectträgers und zieht den Schnitt langsam mit der Nadel herüber. Er soll dann auch hier glatt ausgebreitet liegen.

Mit Filterpapier saugt man das überschüssige Xylol sorgfältig ab, giesst dann auf den Schnitt einen Tropfen Canadabalsam und legt das Deckglas auf.

5. *Specielle Färbemethoden.* 1) Gram'sche Methode. Die Ausstrichpräparate auf Deckgläsern bezw. die Schnitte kommen 2 Minuten in Anilinwasser-gentiana-Lösung, dann (ohne vorher abzuspülen) in Jod-Jodkalium-Lösung, bestehend aus 1 g Jod, 2 g Kal. jod. und 300 ccm destillirtem Wasser. In dieser Lösung bleiben sie 2 Minuten, werden dann $^1/_2$ Minute in 96 procentigem Alkohol bewegt, bis sie farblos oder blassblau erscheinen. Dann Balsam bezw. Xylol, Balsam. — Die Bakterien treten im Präparat schwarzblau gefärbt auf farblosem Grunde hervor.

Sollen die Zellkerne des Gewebes mit einer Contrastfarbe (roth) gefärbt werden, so legt man die Schnitte vor der Gram'schen Färbung einige Minuten in Wasser, dann 30 Minuten in Pikrokarminlösung; dann Auswaschen in Wasser, darauf in Alkohol und von da in die Gentianalösung wie oben. — Bei Ausstrichpräparaten auf Deckgläsern gelingt die Gegenfärbung auch dadurch, dass man die nach Gram fertig behandelten Deckgläser in dünne alkoholische Eosinlösung taucht, in Alkohol abspült und trocknet..

Anwendbar auf: Eiterkokken, Diploc. pneumoniae, Micr. tetragenus; Milzbrand-, Diphtherie-, Mäusesepsis-, Schweinerothlauf-, Tuberkel-, Leprabacillen u. a. — Es färben sich nicht nach dieser Methode: Typhus-, Rotz-, Influenza-, Pest-, Hühnercholerabacillen; Cholerabacillen; Gonokokken; Recurrensspirillen.

2) Doppelfärbung nach Weigert (für Schnitte). Die Schnitte zunächst auf 5 Minuten in Gentianalöung, dann Abspülen in Alkohol, den Alkohol durch Eintauchen in destillirtes Wasser entfernen; darauf für 1—24 Stunden in Pikrokarminlösung, Auswaschen in Alkohol, Nelkenöl, Xylol, Balsam. Die Mikroorganismen erscheinen blau, die Zellkerne roth. — Sehr geeignet für Milzbrand, Mäusesepsis, Schweinerothlauf u. s. w.

3) Sporenfärbung. Die Bedingungen reichlicher Sporenbildung und -reifung sind vorher für die betreffende Bakterienart und Cultur zu bestimmen und das Material vor Anfertigung eines gefärbten Präparats im hängenden Tropfen auf seinen Gehalt an Sporen prüfen. Sodann Deckglas reichlich mit Culturmasse von der Oberfläche oder den Randpartieen beschicken, trocknen, fixiren (Milzbrand 3 Mal durch die Flamme ziehen, Subtilis 10 Mal u. s. w., für die einzelnen Bakterienarten verschieden); dann Einlegen in frische, dampfende Anilinwasser-Fuchsinlösung (100 Anilinwasser + 11 ccm conc. alkohol. Fuchsinlösung), vorsichtig bis zur Blasenbildung erhitzen, dann absetzen und kurze Zeit warten, dann wieder bis zur Blasenbildung erhitzen u. s. f. im Ganzen 3—4 Minuten; dann eintauchen in absoluten Alkohol, ganz kurzes Eintauchen (1—2 Sekunden) in salzsauren Alkohol (siehe oben) und längeres Abspülen in 60 procentigem Alkohol, bis das Präparat Rosafärbung zeigt. Abtrocknen mit Fliesspapier; Nachfärben mit wässriger Methylenblaulösung 5—15 Sekunden; Abspülen in Wasser, trocknen, Canadabalsam.

4) Geisselfärbung (nach Peppler). Reinigung der Deckgläser. Die Deckgläser resp. Objectträger werden in einer Porzellanschale mit einer 4 procentigen Kaliumpermanganatlösung unter öfterem Umrühren mit Holzstab $^1/_2$ Stunde gekocht. Die Flüssigkeit wird abgegossen und die Schale kommt unter die Wasserleitung, bis das Spülwasser ungefärbt abläuft, dabei öfter umgerührt und geschüttelt, damit die auf einander liegenden Deckgläser gut ge-

spült werden. Nach Beseitigung des Spülwassers werden sie unter dem Abzug $^{1}/_{2}$ Stunde mit einem Theil Salzsäure und 4 Theilen destillirtem Wasser gekocht, abgegossen und so lange gespült, bis sich Lackmuspapier nicht mehr röthet. Nun 3—4 Mal in 96procentigem Alkohol gespült, mit Pincette herausgeholt, den Alkohol etwas abtropfen lassen und senkrecht in der Flamme abbrennen. In Glasschalen werden dieselben vor Staub geschützt aufbewahrt. Auch trüb gewordene Deckgläser liefern noch gute Präparate.

Beize. Einer durch gelinde Erwärmung im Wasserbade bereiteten und auf 20° abgekühlten Lösung von 20·0 Tannin in 80·0 destillirtem Wasser werden 15·0 einer wässrigen schwefelsäurefreien Chromsäurelösung 2·5:100·0 langsam in kleinen Portionen unter fortwährendem Umschütteln zugefügt. Nach 4—6tägigem Stehen bei Zimmertemperatur nicht unter 18° oder bei kalter Jahreszeit entsprechend weniger lange im Brütschrank von 20° wird die Beize durch doppeltes Faltenfilter filtrirt, wobei starke Abkühlung zu vermeiden ist. Die fertige Beize ist eine klare, dunkelbraune Flüssigkeit, welche, ohne an Beizkraft zu verlieren, mit der Zeit einen geringen, an der Glaswand haftenden Niederschlag ausfallen lässt. Sie wird bei Zimmertemperatur verschlossen aufbewahrt und vor Gebrauch filtriert.

Farbstofflösung. Carbolgentianalösung: concentr. alkohol. Gentianaviolettlösung (5:100·0) 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad 100·0. Die Lösung bleibt einige Tage ruhig stehen und wird ohne zu schütteln filtrirt oder

conc. alkohol. Fuchsinlösung 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad 100·0.

Anfertigung des Präparats: Man entnimmt drei Deckgläschen mit der Pincette und versieht Nr. 1 u. 2 mit je einem Tropfen Leitungswasser, impft den Tropfen Nr. 1 mit einer Spur Culturmasse (junge Cultur, Typhus 12stündig) und bringt hierauf von 1 eine kleine Oese zum Tropfen 2 und hiervon wiederum eine kleine Oese auf das noch leere Deckglas 3, auf dem das Tröpfchen sehr vorsichtig ohne Reiben etwas ausgebreitet wird. Nachdem dasselbe lufttrocken geworden ist, hält man (zur Fixirung) einen in der Flamme des Bunsenbrenners erwärmten Objectträger in einer Entfernung von 2—3 cm $^{1}/_{2}$—1 Minute über das Präparat und übergiesst es dann mit filtrirter Beize. Nach 3—5 Minuten das Deckgläschen (beiderseits!) mit einem Strahl destillirten Wassers abspülen und das Wasser von selbst abfliessen lassen (nicht zwischen Fliesspapier abtrocknen!). Darauf für 2 Minuten in die Farblösung (ohne Erwärmen), dann wie oben abspülen mit destillirtem Wasser, letzteres möglichst ablaufen lassen und vorsichtig hoch über der Flamme völlig trocknen.

B. Culturverfahren.

Die Isolirung von Bakterien mittelst der Plattencultur.

Das Untersuchungsmaterial (Dejektionen, Wasser, Leichentheile, Sputum, Eiter u. dgl.) wird in einem sterilisirten Reagensglas in's Laboratorium gebracht. Man kann die Reagensgläser sterilisiren, indem man zunächst den verschliessenden Wattepfropfen tief hinein schiebt, das Glas mit der Pincette fasst und mit der Gas- oder Spiritusflamme in seiner ganzen Ausdehnung kräftig

erhitzt; wenn der Wattepfropf leicht gebräunt ist, zieht man ihn an die Mündung des Röhrchens vor. — Die Untersuchung muss stets sobald als möglich erfolgen, da sonst durch Vermehrung der Saprophyten das Auffinden der Krankheitserreger erschwert oder unmöglich wird.

Utensilien und Nährsubstrat. Als sog. Platten benutzt man flache Glasschalen mit Deckel (Petri'sche Schalen). Fehlt es an den im Laboratorium üblichen Sterilisations-Apparaten, so kann man die Schalen für 1 Stunde in Sublimatlösung (1 : 2000) einlegen und durch wiederholtes Uebergiessen mit gekochtem und wieder abgekühltem Wasser das Sublimat sorgfältig entfernen; oder man kocht sie in schwacher Sodalösung 1 Stunde und lässt in derselben erkalten.

Zum Einbringen des Materials verwendet man Platindrähte, die in ein Glasrohr eingeschmolzen und am Ende zu einer 2 mm im Durchmesser haltenden Oese umgebogen sind. Die Drahtenden werden durch Ausglühen in der Flamme sterilisirt.

Die Bereitung der Nährgelatine geschieht gewöhnlich nach folgendem Recept: 500 g fettfreies gehacktes Rindfleisch lässt man 24 Stunden kühl stehen, dann wird colirt und in der Fleischpresse der Saft vollends ausgepresst. Zu 1 Liter Saft kommen dann 100 g Gelatine, 10 g Pepton und 5 g ClNa; unter Erwärmen wird Alles gelöst und dann so viel concentrirte Sodalösung zugesetzt, bis auf blauem Lackmuspapier nur noch schwache Rothfärbung, dagegen auf rothem deutliche Blaufärbung eintritt. Zu 1 Liter braucht man im Mittel ungefähr 25 ccm einer 10procentigen Sodalösung. Nach der Neutralisation wird (zur leichteren Klärung) das Weisse eines Hühnereies zugesetzt und nun das ganze Gemisch 1 Stunde im kochenden Wasserbad oder Dampftopf (Soxhlet-Topf) auf 100° erhitzt. Nach dem Kochen ist nochmals die Reaktion zu prüfen. Dann wird filtrirt und die klare Gelatine in sterilisirte Reagensgläschen eingefüllt. Die Röhrchen werden am folgenden und am dritten Tage nochmals je 20 Minuten im Dampftopf erhitzt.

Die Bereitung des Nähragars geschieht in ganz ähnlicher Weise durch Zusatz von 13 g klein geschnittener Agar-Fäden zu 1 Liter Fleischsaft. Für gewisse Culturen werden eventuell 5 Procent Glycerin oder 2 Procent Traubenzucker zugefügt. — Zum Gewinnen eines klaren Filtrats bedient man sich passender Colirtücher aus Barchentstoff.

Die Nährsubstrate können in Reagensgläsern oder Vorrathskolben fertig bezogen werden, z. B. von Grübler in Leipzig, Rohrbeck oder Lautenschläger in Berlin. Unbedingt sollte man sich von der richtigen Reaktion solcher gekaufter Gelatine vor dem Gebrauch überzeugen.

Das Plattengiessen. Drei Röhrchen mit Nährgelatine werden in warmes Wasser von 35° gesetzt, bis die Gelatine flüssig geworden ist. Dann entnimmt man mittelst der Platinöse dem Untersuchungsmaterial eine kleine Probe (bei Wasseruntersuchung Tropfen mittelst kleiner Pipette, s. S. 212) und bringt dieselbe in eines der Röhrchen *a*, nachdem man dessen Wattepfropfen abgenommen, aber zwischen den Fingern behalten hat. Die Platinöse wird sofort ausgeglüht und bei Seite gelegt, dann der Wattepfropfen in das Röhrchen geschoben und die flüssige Gelatine durch vorsichtiges Neigen und Drehen (es soll sich kein Schaum bilden und nicht zu viel Gelatine in den Wattepfropf eindringen) gründlich mit dem Untersuchungsmaterial gemischt. Nun setzt man das Röhrchen wieder in warmes Wasser, nimmt den Wattepfropfen ab und wirft letzteren in eine Schale mit HCl. Dann nimmt man ein Röhrchen *b* in die

linke Hand und dessen Wattepfropfen zwischen die Finger, taucht die frisch geglühte Platinöse in das offene Röhrchen *a* und dann in Röhrchen *b* und wiederholt dies fünf Mal; darauf schliesst man *b* mit dem Wattepfropfen, mischt wieder gut durch, setzt es in warmes Wasser neben *a* und wirft auch diesen Wattepfropfen in HCl. Nun nimmt man Röhrchen *c* und füllt in dasselbe in genau der gleichen Weise fünf Oesen aus dem Röhrchen *b* über. Darauf stellt man drei mit Deckel versehene PETRI'sche Schälchen neben einander auf den Tisch (bei warmem Zimmer auf ein mit kaltem Wasser gefülltes flaches Blechgefäss), signirt sie mit *a*, *b*, *c* und giesst nun unter theilweisem vorsichtigen Aufheben des Deckels den Inhalt von Röhrchen *a* in Schale *a*, den von *b* in Schale *b*, den von *c* in Schale *c*. Nach 5—15 Minuten ist die Gelatine vollkommen erstarrt, und die Schälchen werden dann in den Brütofen gesetzt.

Das Ausgiessen der mit dem Untersuchungsmaterial und dessen Verdünnungen beschickten Röhrchen mit Gelatine in PETRI'sche Schälchen lässt sich umgehen in der Form der ESMARCH'schen Rollplatten. Die Ausbreitung der Gelatine zur Platte wird dann dadurch erreicht, dass die verflüssigte Gelatine über die innere Wandung des Röhrchens in dünner Schicht vertheilt wird. Man verschliesst zu diesem Zweck die (nicht zu engen) Röhrchen mit Kautschukkappen, legt jedes einzelne auf kaltes Wasser und fixirt es lose mit der linken Hand, während man es mit der rechten Hand in rotirende Bewegung versetzt, bis die Gelatine erstarrt ist.

Die Feststellung des Resultats erfolgt nach 24—48—72 Stunden zunächst durch Betrachtung der Platte mit blossem Auge, dann mit 60facher Vergrösserung. Gestalt, Farbe, Verflüssigung der Colonieen, und zwar der tiefliegenden wie der oberflächlichen, ist zu notiren. Zu genauerem Studium ist oft nur eine Platte geeignet, während die anderen zu zahlreiche oder zu wenig Colonieen enthalten. Genauere Feststellung der Zahl erfolgt mittelst einer in kleine Quadrate getheilten Glasplatte; man ermittelt ein für allemal, wie viel solcher Quadrate in der Fläche eines PETRI'schen Schälchens enthalten sind und findet z. B. 167; dann zählt man auf der zu untersuchenden Platte etwa in 10 verschieden gelagerten Quadraten die Colonieen, nimmt von diesen das Mittel und multiplicirt letzteres mit 167. Eine bequemere und bei reichlichem Keimgehalt genauere Methode besteht nach M. NEISSER in der mikroskopischen Auszählung von 60 Gesichtsfeldern und hieraus an der Hand von Tabellen die Bestimmung der Gesammtcolonieenzahl auf der ganzen Platte unter Berücksichtigung der Grösse der Platte und des mikroskopischen Gesichtsfeldes. — Interessirende Colonieen sind möglichst früh in Reagensgläser mit Gelatine abzuimpfen, d. h. man taucht einen vorher geglühten spitzen Platindraht eventuell unter Leitung der Lupe oder des Mikroskops in die Colonie und macht mit dem Draht dann einen Einstich in ein Gelatineröhrchen, dessen Wattepfropfen man abgenommen und zwischen die Finger geschoben hat und das man mit der Mündung nach unten in der Hand hält. Unmittelbar nach dem Einstich setzt man den Wattepfropfen wieder auf.

Eine unter Umständen empfehlenswerthere Methode der Plattenaussaat zwecks Isolirung von Bakterien besteht im Ausstrich auf Platten. Man giesst die verflüssigte Gelatine zunächst in sterile Schalen aus, lässt erstarren und legt dann von dem Untersuchungsmaterial (direkt oder nach vorheriger Verdünnung in steriler Bouillon) mittels eines Platinpinsels[1] (KRUSE) oder gekrümmten Glasstabes parallele Ausstriche auf einer oder mehreren Platten an.

II. Specielle parasitologische Diagnostik.

1. Abdominaltyphus.

a) Gussplatten mit Nährgelatine. Die zum Plattengiessen benutzte Nährgelatine sei weniger als sonst mit Soda versetzt; pro Liter höchstens 20 ccm 10procentige Sodalösung. Auch wird zuweilen mit Vortheil Carbolgelatine (mit 0·05 Procent Carbol) verwendet.

Die Platten werden 48 Stunden bei 22° gehalten und dann mit schwacher Vergrösserung durchmustert. Sind oberflächlich ausgebreitete Colonieen mit scharfer weinblattartiger Zeichnung vorhanden, so wird jede dieser Colonieen (bei grosser Zahl mindestens 10) in je ein Röhrchen mit Zuckeragar (gewöhnlicher Nähragar mit 2 Procent Traubenzucker-Zusatz) durch tiefen Einstich überimpft. Die Röhrchen bleiben 24 Stunden bei 37°. Dann ist die Diagnose mit grosser Wahrscheinlichkeit auf Typhusbacillen zu stellen, wenn entlang dem ganzen Impfstich deutliches Wachsthum, aber ohne Gasbildung stattgefunden hat. Dagegen liegt kein Typhus vor, wenn der Agar von Gasblasen durchsetzt ist, oder wenn das Wachsthum nur mit oberflächlicher Ausbreitung erfolgt, oder ganz ausgeblieben ist.

b) Gussplatten mit Harngelatine (nach Piorkowski): Alkalischer Harn wird mit 0·5 Procent Pepton und 3·3 Procent Gelatine versetzt, 40 Minuten im Wasserbade gekocht, sofort (ohne Erwärmung) filtrirt, in Reagensröhrchen gefüllt und im Dampftopf 15 Minuten, am folgenden Tage noch 10 Minuten sterilisirt. — Die in der üblichen Weise angelegten Platten sind bei 21·5—22° aufzubewahren. Besichtigung nach 15—20 Stunden mit schwacher Vergrösserung: Typhuscolonien klein, durchscheinend, mit zahlreichen Ausläufern versehen; Colicolonieen grösser, rund, scharfrandig, gelbbraun und granulirt. — Da nicht alle Typhuscolonien das charakteristische Wachsthum aufweisen und andererseits auch Coliarten beobachtet sind, welche typhusähnliche Colonieen auf der Harngelatine bilden, so ist es nicht statthaft, auf Grund der Harngelatineplatten allein eine Diagnose zu stellen, sondern man muss, wie bei 1 und 2 die verdächtigen Colonieen isoliren und mit den unten aufgeführten Methoden weiter prüfen.

c) Ausstrich auf Platten mit Lackmus-Nutrose-Agar (nach v. Drigalski und H. Conradi): 3 Pfund zerkleinertes Rindfleisch mit 2 Liter Wasser 24 Stunden stehen lassen, das abgepresste Fleischwasser 1 Stunde kochen, filtriren, mit 20·0 g Pepton sicc. Witte, 20·0 g Nutrose, 10·0 g Kochsalz 1 Stunde kochen, filtriren, dazu 60 g feinster Stangenagar, 3 Stunden kochen (bezw. 1 Stunde im Autoklaven) schwach alkalisiren (Lackmuspapier), filtriren, $^1/_2$ Stunde kochen. Inzwischen 260 ccm Lackmuslösung (nach Kubel und Tiemann) 10 Minuten kochen, dazu 30 g chemisch reinen Milchzucker setzen und 15 Minuten zusammen kochen, sodann zu dem flüssigen heissen Agar zusetzen, gut schütteln, die schwach alkalische Reaktion event. wieder herstellen. Darauf zusetzen: 4·0 ccm heisse sterile Lösung von 10 Procent wasserfreier Soda, ferner 20 ccm einer frisch bereiteten Lösung von 0·1 g Krystallviolett B Höchst in 100 g warm. Aq. dest. steril. Einen Theil sofort in sterile Doppelschalen grossen Formats (Durchmesser 15—20 cm) derart ausgiessen, dass die Agarschicht noch etwas durchscheinend ist, nie aber an Dicke unter 2 mm beträgt; die Schalen bleiben dann mindestens noch 1 Stunde offen, bis der Wasserdampf sich ganz verzogen hat und der Agar erstarrt ist. Den Rest des Agars bewahrt man in Kölbchen von etwa 200 ccm Inhalt auf.

Die Auftragung des Materials auf die Agarfläche geschieht mit einem 5 mm dicken, rechtwinklig gebogenen Glasstab, dessen kürzerer Schenkel in das Material hineingetaucht wird und dann über mindestens 4 Platten hinter einander hin und her gemischt wird. Sodann die Platten noch $^1/_2$ Stunde offen stehen lassen; darauf umgekehrt in den Brütschrank (37°).

Von Stuhlproben sind stets mehrere Plattenserien anzulegen. Dünne Stühle von breiiger oder flüssiger Beschaffenheit werden auf einer Plattenserie verdünnt, auf einer zweiten mit der 10—20fachen Menge steriler, 0·85 procentiger Kochsalzlösung verdünnt ausgestrichen. Feste Stühle werden mit wenig sterilisirter Kochsalzlösung gleichmässig verrieben und eine Plattenserie von dieser Aufschwemmung, eine zweite nach nochmaliger Verdünnung angelegt.

Von frischem trübem Harn sofort einen Tropfen zu einer Plattenserie verarbeiten; ferner einen Theil centrifugiren und den Bodensatz auf Platten ausstreichen. Frischen klaren Harn centrifugiren; nach 15 Minuten von der Oberfläche mehrere Tropfen (bis 1 ccm) entnehmen und auf einer Plattenserie ausstreichen, nach 10 Minuten event. nach weiteren 10 Minuten desgleichen, sowie schliesslich auch vom Sediment.

Von Wasserproben möglichst grosse Mengen centrifugiren, von dem Sediment 1 Oese auf einer Plattenserie verreiben; ferner noch 1 oder 2 ccm des Wassers direct auf Platten vertheilen.

Besichtigung nach 20—24 Stunden; Typhus-Colonieen blau (mit einem Stich ins Violette), 1—3 mm Durchmesser (selten grösser), glasig, nicht doppelt contourirt, thautropfenähnlich. — Coli-Colonieen: 2—6 mm und mehr Durchmesser, leuchtend roth (manchmal nur hellroth oder nur von einem rothen Hof umgeben), nicht durchsichtig. — Colonien von Bacillus subtilis: blau, Grösse und Struktur bisweilen wie bei den vorigen, manchmal doppelte Contour und üppiges, speckiges Wachsthum, manchmal zwar glasige Struktur, aber in der Mitte einen dunklen Knopf. — Colonieen von Bacillus faecalis alcaligenes, von Bacillus fluorescens und von zur Proteusgruppe gehörigen Bacillen, besonders in fötiden oder nicht mehr frischen Stühlen, in länger gestandenem Urin und bisweilen im Wasser: Oft den Typhusbacillen-Colonieen so ähnlich, dass weitere Verfolgung der verdächtigen Colonieen nöthig, wie unter 1 ausgeführt.

Von der verdächtigen Stichcultur bezw. verdächtigen Colonieen ist sodann zur weiteren Bestätigung der Diagnose:

1) auf die eine Hälfte einer Kartoffel zu impfen, deren andere Hälfte mit zuverlässiger Reincultur von Typhusbacillen geimpft wird. Beide Culturen dürfen keinen Unterschied zeigen.

2) in einigen Röhrchen mit sterilisirter (frischer, nicht schon vorher durch Entwicklung von Milchsäurebakterien angesäuerter Milch) zu impfen. Die Milch ist nach mehrtägigem Aufenthalt bei 35° nicht coagulirt.

3) in einige Röhrchen mit Peptonlösung (2 Procent Pepton und 0·5 Procent NaCl) zu übertragen. Nach 48 Stunden Aufenthalt bei 35° sind 20 Tropfen einer Kaliumnitritlösung (0·02 Procent) und einige Tropfen reine Schwefelsäure zuzufügen; in Typhusculturen fehlt die Indolbildung, und es tritt daher keine Rothfärbung ein.

4) Am sichersten gelingt die Differentialdiagnose durch die Agglutinirungsprobe und durch die Pfeiffer'sche Reaktion. Erforderlich ist dazu entweder Serum von Typhusreconvalescenten; oder Serum von gegen Typhus immunisirten Thieren, am besten Ziegen (auch Hunden), die mit steigenden Dosen ebender oder bei 65° abgetödteter Typhuscultur subkutan injicirt waren. Für

das Serum ist der Titre der specifisch baktericiden Wirkung, d. h. die Menge festzustellen, welche noch gerade im Stande ist, ein Meerschweinchen von 300 g bei intraperitonealer Injektion gegen 1 Oese virulenter Typhuscultur (tödtliche Minimaldosis = $^1/_2$ Oese) zu schützen. Die verschiedenen Typhusculturen verhalten sich sehr verschieden; vergleichende Proben sind daher unerlässlich. Reconvalescentenserum hat gewöhnlich einen Titre von 1—5 Centigramm; Ziegenserum kann bis auf den Titre 2 Milligramm und weniger gebracht werden. — Ausserdem ist der Titre der Agglutininwirkung, d. h. der Verdünnung, in welcher noch Zusammenballen der Typhusbacillen in einer Aufschwemmung erfolgt, zu ermitteln.

α) ist im Reagensglas die Reaktion auf Agglutinine aufzustellen. 1 Oese Cultur (die fragliche Cultur auf Agar 18stündig) und daneben zur Controle zuverlässige virulente Typhuscultur wird in 1 ccm Bouillon aufgeschwemmt; diese Aufschwemmung wird vermischt mit $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_{10}$ Tropfen Serum u. s. w. (1 Tropfen Serum mit 4 ccm Bouillon, mit 8 ccm und mit 20 ccm gemischt; von jeder Mischung 2 ccm zu der Aufschwemmung). Dann wird bei 37° hingestellt; nach 2 Stunden erfolgt völlige Klärung der Bouillon, wenn Typhus vorliegt. Mikroskopisch ist die Häufchenbildung schon nach 5′ zu constatiren (vgl. unten).

β) im Meerschweinchenkörper. Die Bauchhaut des Meerschweinchens in Falte aufgehoben, 1 cm langer Schnitt; dann abgestumpfte Canüle durch die tieferen Bauchdecken in die Bauchhöhle gestossen und 1 ccm einer Mischung injicirt, welche Bouillon, 1 Oese Cultur und eine Dosis Serum enthält. Letztere ist so zu wählen, dass sie gegen die Dosis Typhusbacillen noch sicher Schutz gewährt, aber andererseits erheblich unter der für normales Serum (menschliches Serum = 3 bis 8 Decigramm) geltenden Zahl bleibt. Sind die fraglichen Bacillen Typhusbacillen, so lassen Proben, die nach 60—120′ mittelst Kapillaren aus der Bauchhöhle entnommen sind, keine Bakterien, sondern nur Körnchen erkennen, oder höchstens vereinzelte, unbewegliche Bacillen. Die Versuchsthiere zeigen keinen Temperaturabfall und bleiben am Leben. — Controlversuche sind mit sicheren Typhusculturen anzustellen; ferner mit den fraglichen Bacillen und normalem Serum. Letztere Versuche ergeben in den der Bauchhöhle entnommenen Proben reichliche bewegliche Bacillen, das Thier zeigt nach 2—3 Stunden grosse Mattigkeit, Temperaturabfall bis 30°, Tod nach 6—8, bei kleineren Dosen erst nach 24 Stunden.

Die Diagnose des Abdominaltyphus am Lebenden gelingt mit Hülfe dieser Reaktion nach der von Widal angegebenen Methode folgendermaassen: Durch tiefen Einstich in die Fingerbeere wird dem Kranken $^1/_2$ ccm Blut entnommen; das abgesetzte Serum wird in verschiedenem Verhältniss, und zwar 1:25, 1:50 und 1:100 mit Typhusaufschwemmung (18stündige Cultur) in Bouillon vermischt mit Hülfe des Gower'schen Hämoglobinometers oder einer ähnlichen Pipette. Im Nothfalle kann man sich auch auf die Entnahme von 1 Tropfen Blut beschränken und diesen direct mit Bouillon mischen. Serum von Gesunden bewirkt höchstens in einer Verdünnung von 1 : 30 bis 1:50 (bei Anämischen, Leberleidenden) Klärung der Bouillon nach 2stündigem Verweilen im Brütofen; Serum von Typhuskranken (zuweilen aber erst vom 14. Tage ab oder noch später) und von Reconvalescenten, von letzteren noch Jahre nach dem Ueberstehen, wirkt in mindestens 50facher, gewöhnlich in 100facher und oft bis tausendfacher Verdünnung. — Mikroskopisch ist die Häufchen- und Schollenbildung noch eher und leichter zu erkennen; es genügt, einen Tropfen des Gemisches im hohlen Objectträger zu untersuchen.

---

2. Cholera.

1) Untersuchung von Dejektionen (oder Inhalt von Darmschlingen, resp. mit Dejektionen beschmutzte Wäsche).

Ein Schleimflöckchen wird mittelst gekrümmten Platindrahts aus dem in flacher Schale ausgebreiteten Darminhalt herausgefischt und auf einige Deckgläser ausgestrichen. Nach dem Trocknen und Erhitzen (s. S. 673) lässt man Fuchsinlösung (S. 671, Farblösung Nr. 2b) 1—2 Minuten oder 10 fach verdünnte Carbolfuchsinlösung 5 Minuten einwirken, spült in Wasser ab und untersucht. — Liegt Cholera vor, so findet man oft an den Stellen, wo strichförmig ausgezogene Schleimmassen liegen, Schwärme und Züge von Kommabacillen, in welchen die einzelnen Bacillen alle die gleiche Richtung haben. Derartig gelagerte Kommabacillen (Fischzüge) gestatten mit grösster Wahrscheinlichkeit die Diagnose auf Cholera.

Einige weitere Schleimflöckchen werden gleichzeitig in 3—5 Röhrchen mit je 10 ccm Peptonwasser (2 Procent Witte'sches Peptonum siccum und 1 Procent ClNa) gebracht und die Röhrchen bei 37° aufbewahrt. Nach 6—10 Stunden taucht man eine Platinöse in die oberflächliche Schicht einer der geimpften Peptonlösungen und stellt aus der Probe ein gefärbtes Deckglaspräparat her. Lag Cholera vor, so ist im Präparat meist eine Reincultur von Kommabacillen zu sehen. Sind noch wenig Kommabacillen vorhanden, so muss man nach weiteren 4—8 Stunden abermals eine Probe untersuchen. — Das massenhafte Auftreten der Kommabacillen im Peptonwasser macht die Diagnose fast sicher; denn die mikroskopisch in Darminhalt etwa beobachteten choleraähnlichen Bakterien wachsen fast sämmtlich im Peptonwasser nicht. Nur zweimal scheinen bis jetzt in der Peptonwassercultur Bacillen vom Habitus der Cholerabacillen beobachtet zu sein, die nicht wirkliche Cholerabacillen waren.

Drittens wird gleichzeitig mit dem Ansetzen der Peptonwasserculturen eine Schleimflocke in ein Röhrchen mit Gelatine gebracht und unter den üblichen 3 Verdünnungen auf Platten vertheilt. Bei ersten verdächtigen Fällen sind mehrere solche Plattensätze anzulegen. Die benutzte Gelatine muss stärker als gewöhnlich alkalisch sein. Ferner ist es zweckmässig, den Gehalt an Gelatine auf 15 Procent zu erhöhen und zur Herstellung nicht frisches Fleischinfus, sondern Liebig'schen Fleischextrakt zu benutzen; die Choleracolonieen entwickeln sich in solcher Gelatine genau so gut und es lässt sich bei der Gleichmässigkeit des Materials eher ein constanter Grad von Alkalinität herstellen. Auf 1 Liter Extraktgelatine mit $1^1/_2$ Procent Fleischextrakt und 15 Procent Gelatine müssen 60 ccm 10procentige Sodalösung zugesetzt werden. Die aus dieser Gelatine bereiteten Platten halten eine Temperatur von 24° aus, ohne weich zu werden. Man hält sie bei 22—24° 20—24 Stunden. Nach dieser Zeit findet man vorhandene Choleracolonieen an ihren S. 76 geschilderten Eigenschaften leicht heraus und kann die Diagnose durch ein Klatschpräparat (Aufdrücken eines Deckglases auf die Colonie, Abheben, Trocknen und Färben) bestätigen.

Da es vorkommen kann, dass vereinzelte Choleracolonieen unter zahlreichen Colonieen anderer Darmbakterien nicht herauszufinden sind, legt man ausserdem von der achtstündigen Peptonwassercultur Gelatineplatten an. Waren überhaupt Cholerabacillen zugegen, so wachsen nun in grösserer Anzahl Choleracolonieen, und zwar sind dieselben schon nach 16stündigem Aufenthalt der Platten bei 22—24° deutlich diagnosticirbar. Das

Resultat der Peptonwasserplatten wird also ungefähr zur gleichen Zeit bekannt wie das Ergebniss der direct aus dem Darminhalt angelegten Platten.

Auf Grund des Aussehens der Colonieen auf den Platten ist die Diagnose mit voller Bestimmtheit zu stellen. Die Frist vom Beginn der Untersuchung bis zur definitiven Feststellung des Resultates dauert im Mittel 24 Stunden, selten bis zu 30 Stunden. Eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose kann fast immer schon nach 8 Stunden gestellt werden. — Unterstützt kann die Diagnose eventuell noch werden durch die Cholerarothreaktion, die indess nur an einer Reincultur angestellt werden darf. Fehlt die Rothfärbung, so spricht dies gegen Cholera. — In zweifelhaften Fällen ist die Pfeiffer'sche Reaktion anzuschliessen.

2) Untersuchung von Wasser.

Man entnimmt dem Wasser mehrere (mindestens 3) Proben von je 50 ccm in Erlenmeyerkölbchen; fügt von einer Lösung von 10 Procent Pepton und 10 Procent Kochsalz jedem Kölbchen 5 ccm zu und hält 16—24 Stunden bei 37°. Bei zahlreichen Wässern findet man dann im mikroskopischen Präparat kommaförmige Bacillen, ohne dass es sich um Cholerabacillen handelt. Es müssen daher von der Peptonwassercultur Gelatineplatten angelegt werden und zwar mit der oben beschriebenen stark alkalischen Gelatine. Manche Wasservibrionen wachsen dort gar nicht oder sehr langsam, oder sie bilden Colonieen von ganz anderem Aussehen und namentlich dunklerer Färbung wie die Choleracolonieen. Einige geben keine Cholerarothreaktion; einige zeigen Phosphorescenz; alle sind von echter Cholera durch die Pfeiffer'sche Reaktion zu unterscheiden.

3) Choleradiagnose durch die Pfeiffer'sche Reaktion.

Die fragliche Vibrionenart muss in 18 stündiger Reincultur auf Agar vorliegen. — Zur Prüfung ist erforderlich Serum von hoch gegen Cholera immunisirten Meerschweinchen, Kaninchen oder Ziegen. Von ersteren nimmt man Thiere von 7—800 g, injicirt zunächst subkutan durch Chloroformdämpfe abgetödtete Choleraculturen in Dosen, welche eine deutliche Intoxikation mit Temperaturabfall hervorrufen; nach 10—14 Tagen folgt intraperitoneale Injektion zunächst von $^1/_4$ Oese, nach 8—10 Tagen $^1/_2$ Oese und so fort, bis mehrere Oesen ertragen werden. — Das gewonnene Serum wird in derselben Weise wie das Typhusserum auf seinen Wirkungswerth (Titre) geprüft; gewöhnlich beträgt der Titre für die specifisch baktericide Wirkung mindestens 0·001. Für die Agglutininwirkung liegt die Grenze der Verdünnung meist bei 1:100 und mehr; doch braucht die Verdünnung nicht so weit getrieben zu werden, da normales Serum höchstens bei 1:10 noch verklebende Wirkung erkennen lässt.

Die Prüfung auf Agglutinine wird wie oben beim Typhus ausgeführt.

Sicherer ist die Prüfung auf baktericide Wirkung im Meerschweinchen. 1 Oese der zu prüfenden Cultur wird mit 1 ccm Bouillon und einer Serumdosis, die dem Zehnfachen der kleinsten wirksamsten Dosis (bei einem Titre von 0·001 also 0·01) entspricht, gemischt und einem Meerschweinchen von 2—300 g intraperitoneal injicirt. Nach 20 Minuten entnimmt man mittelst Glaskapillare Tröpfchen des Bauchhöhleninhalts und untersucht im hängenden Tropfen und im gefärbten Präparat. Werden noch zahlreiche bewegliche Vibrionen gefunden, so liegt keine Cholera vor, vorausgesetzt, dass die Wirksamkeit des Serums an echter Cholera frisch geprüft war. — Sind in den Proben hauptsächlich Körnchen und nur vereinzelte unbewegliche Vibrionen, so handelt

es sich zweifellos um Cholera, wenn andererseits ein ebenso behandeltes Thier, nur mit dem Unterschied, dass der injicirten Mischung 0·01 normales Serum zugesetzt ist, das Fortleben der Vibrionen zeigt und unter den S. 77 beschriebenen Symptomen zu Grunde geht.

---

3. Diphtherie.

Zur Entnahme von diphtherieverdächtigem Material aus dem Rachen benutzt der Arzt eine Stahlsonde mit festgedrehtem Wattebausch, die im Kork eines Reagensglases steckt; er fährt mit dem Wattebausch über Mandeln und weichen Gaumen hin, steckt die Sonde sofort in das Glas, letzteres kommt in ein Holzfutteral und dieses in ein festes Couvert, in welches zugleich die Notizen über die Entnahme gelegt werden. Die Entnahme-Apparate lagern zweckmässig in den Apotheken, werden nach der Beschickung dahin zurückgegeben und von dort der Untersuchungsstation übermittelt.

Reagentien zur Untersuchung: 1) Zur Färbung der mikroskopischen Präparate: a) Fuchsinlösung (s. oben), b) Reagentien zur Gram'schen Färbung (s. oben), c) Reagentien zur Doppelfärbung nach M. Neisser: Methylenblau, 1 g pulverförmiges Methylenblau (Grübler) in 20 ccm 96procentigem Alkohol gelöst; dazu 950 ccm Wasser und 50 ccm Eisessig. Ferner Vesuvin, 2 g in 1000 ccm kochendem Wasser gelöst. Beide Lösungen fitlrirt. Zur Färbung wird das Präparat zuerst 1—3 Sekunden in die Methylenblaulösung getaucht, dann Abspülen mit Wasser, Aufgiessen der Vesuvinlösung für 3—5 Sekunden, wieder Abspülen mit Wasser. Der Leib der Diphtheriebacillen erscheint schwach braun gefärbt; in demselben zeigen sich dunkelblau gefärbte ovale Körnchen, in der Regel an jedem Ende des Bacillus ein Korn, manchmal nur an einem Ende, zuweilen in der Mitte und an den Enden. (Ernst'sche Körner.) Viele Kokken und einzelne Bacillen zeigen ähnliche Färbung, aber nicht Bacillen, welche den Diphtheriebacillen morphologisch ähnlich sind. Letztere geben die Doppelfärbung jedoch nur, wenn sie auf Loeffler'schem Serum bei 35° mindestens 9 Stunden und nicht länger als 24 Stunden gezüchtet sind.

2) Zur Cultur: Petrischalen (Platten) mit erstarrter Loeffler'scher Serummischung (3 Theile Rinderserum + 1 Theile Dextrose-Peptonbouillon).

Verfahren bei der Untersuchung: Mit dem Wattebausch werden 6—8 Striche auf einer Serumplatte gemacht; diese bei 34—35° gehalten. Sodann werden Deckgläser bestrichen und gefärbt. Finden sich zahlreichere charakteristisch geformte und gelagerte Bacillen und fällt die Gram- und Doppelfärbung bei einem Theil der Bacillen positiv aus, so lässt sich schon aus dem Präparat die Diagnose auf Diphtherie stellen. Sind nur vereinzelte verdächtige Bacillen vorhanden, so ist es besser, das Resultat der Cultur abzuwarten.

Die Serumplatten sind nach 6—8 Stunden durch Klatschpräparate mit Fuchsin- und Gramfärbung zu untersuchen. Häufchen typischer Bacillen gestatten sichere positive Diagnose; nur bei Entnahmen von der Conjunctiva oder von Nasen- und Ohrenerkrankungen ist einer Verwechslung mit ähnlichen Bacillen dadurch vorzubeugen, dass nach ca. 18stündiger Cultur Ausstrichpräparate mit Doppelfärbung gemacht werden. — Findet man nach 6—8 Stunden in 6 Präparaten ausschliesslich Kokken, so ist die Diagnose negativ zu stellen. Nochmalige Entnahme ist dann unter Umständen angezeigt. — Finden sich nach 6—8 Stunden vereinzelte verdächtige Bacillen, so sind die Platten nach weiterem 12stündigen Aufenthalt im Brütofen nochmals zu untersuchen, und

zwar sind dann neben Klatschpräparaten auch Ausstrichpräparate anzufertigen, bei denen die Proben mehr vom Grunde der Striche entnommen sind. In diesem Stadium ist auch die Doppelfärbung zur Bestätigung heranzuziehen.

Bestehen auch jetzt noch Zweifel über die Natur der verdächtigen Bacillen, so sind sie durch Glycerinagarplatten rein zu züchten; an der Reincultur sind zu beachten: 1) Die Wachsthumseigenthümlichkeiten der Colonie, morphologisches Verhalten der Bacillen, ihr Verhalten gegen Färbungen. 2) Die Säurebildung Röhrchen mit je 5 ccm Fleischbouillon werden mit je einer Nadelspitze der Cultur beschickt und bei 35° gehalten; nach 20 Stunden wird ein Röhrchen, nach 44—48 Stunden ein zweites mit 1 procentiger Natronlauge unter Phenolphtaleinzusatz titrirt; daneben Controle mit zuverlässiger Diphtheriecultur und mit ungeimpfter Bouillon. 3) Die Thierpathogenität. Von 20 stündiger Bouilloncultur wird einem Meerschweinchen von 2—300 g 0·5 Procent seines Körpergewichts subkutan injicirt.

In den meisten Fällen wird dann auf Grund folgender Merkmale eine Trennung der wesentlich in Betracht kommenden diphtherieähnlichen Pseudo-Diphtheriebacillen (PDb) und Xerosebacillen (Xb) von den Diphtheriebacillen (Db) möglich sein.

Glycerinagar-Platte: Db nach ca. 12 Stunden kleine graulich-weisse Auflagerungen, die sich später nur wenig weiter entwickeln. (S. auch S. 69.) Bacillen meist kürzer und weniger keilförmig wie auf Serum. — PDb schnellwechsende, feuchte, weissglänzende, leicht abnehmbare Auflagerungen. Bei schwacher Vergrösserung feinkörnige, ansehnlichere Colonieen mit glatterem Rand wie Db. Bacillen regelmässiger, meist etwas kürzer und dicker wie Db; Lagerung entweder in parallelen Reihen (Stacketenform) oder in Radspeichenform. — Xb sehr langsam wachsende, trockene, schwer abnehmbare Colonie. Lagerung und Form oft sehr Db-ähnlich.

Loeffler'sche Serumplatte: Db nach 6—10 Stunden kleine, weisse, schleimige Tröpfchen, oft mit graulicher Verfärbung. Bacillen in jungen Culturen meist Keilform, in älteren Culturen oft an den Enden verdickt oder auch längs des Leibes aufgetrieben. Lagerung oft in spitzem Winkel zu zwei (V „Fünferform") oder in wirren Häufchen, oft wie die über einander gelegten, gespreizten Finger beider Hände. (Nach Kurth müssen unter den Fünferformen solche sein, deren einzelne Schenkel mindestens fünf Mal länger als breit sind, oder unter den nicht in Fünferform gelagerten einzelnen Bacillen solche, welche sieben Mal länger als breit sind.) Bei Färbung mit den gewöhnlichen Farblösungen (s. oben) neben intensiv gefärbten Stellen oft blassgebliebene Theile. Bei genauer Innehaltung oben angeführter Bedingungen positive Doppelfärbung. — PDb rascher wachsende, feuchte Auflagerungen. Bacillen gleichmässiger in Gestalt und Grösse wie Db, erreichen nie die eben erwähnten Maasse, sind demnach etwas kürzer und plumper, liegen vorzugsweise nicht in Winkel-, sondern in Stacketen- und Radspeichenform. Bilden in älteren Stadien keine so grossen Involutionsformen wie Db. Keine Doppelfärbung. — Xb sehr langsames Wachsthum; matt aussehender, trockener, schwer abnehmbarer Belag. Form und Lagerung oft sehr Db-ähnlich. Aber in Serumculturen nie in Involutionsformen und sehr selten in segmentirt zerfallenen Bacillen eine der Doppelfärbung bei Db-ähnliche Färbung von Körnchen; letztere jedenfalls viel kleiner, spärlich und rund, erst nach 20—24 Stunden auftretend.

Gelatine: Db bei 18° geringes, PDb reichliches, Xb kein Wachsthum.

Bouillon: Db schnelle, bald schwächere, bald stärkere diffuse Trübung.

Feiner, sandartiger Beschlag besonders an den Wänden des Gefässes, seltener kleine Flöckchen; oft ein feines Häutchen auf der Oberfläche. Meist starke Säurebildung; die Zunahme des Alkaliverbrauchs bis zum 2. Tage beträgt bei Diphtherie im Mittel 0·3 ccm 1 procentiger NaOH. — PDb schnelle, diffuse, kräftige Trübung. Massenhafter, schleimiger Bodensatz. Meist nur geringe Säurebildung, ja sogar Steigerung der Alkalescenz. — Xb meist gar keine Trübung der Bouillon. Feine kleine Flöckchen an den Wänden und auf dem Boden des Gefässes. Meist geringere Säurebildung wie Db, sehr selten Steigerung der Alkalescenz.

Thierversuch: Db fast stets Tod innerhalb 2 Tagen; bei der Sektion an der Impfstelle sulziges Oedem, auf der Pleura Exsudat, Nebennieren geschwollen und hyperämisch. — PDb keine Reaktion. — Xb manchmal an der Impfstelle Infiltration und Tod der Thiere unter chronischem Marasmus nach einigen Wochen. Diphtherie-Antitoxin-Behandlung ohne Wirkung.

4. Tuberkulose.

Zum Nachweis von Tuberkelbacillen in Sputum dienen folgende Methoden:

1) Originalausstrichpräparate: Das Sputum (womöglich Morgensputum) auf schwarzlackirten Tellern ausgiessen und die verdächtigen gelbweissen Partikel („Linsen“) auf Deckgläsern dünn verstreichen, lufttrocken werden lassen, fixiren; dann färben mit conc. Carbolfuchsin unter Erwärmen in einem Uhrschälchen oder Porzellantiegel über kleiner Flamme, bis die Farblösung zu dampfen anfängt; dann noch einige Minuten in der Farbe belassen, für einige Sekunden in salzsauren Alkohol (s. oben), darauf $^1/_2$ Minute in reinen Alkohol; wenn das Präparat noch nicht genügend farblos ist, nochmals für einige Sekunden in den salzsauren Alkohol und in Alkohol. Nachfärben mit wässriger Methylenblaulösung (s. oben), Abspülen in Wasser, Trocknen zwischen Fliesspapier, Einschluss in Canadabalsam.

Statt der Entfärbung in salzsaurem Alkohol u. s. w. und der Nachfärbung in Methylenblau kann man das Präparat ohne Abspülen aus der Carbolfuchsin-Lösung sogleich in Corallin-Methylenblau (1 Theil Corallin-Rosolsäure, 100 Theile absol. Alkohol mit 6 g Methylenblau gemischt, dazu 20 Theile Glycerin) übertragen, 1 Minute darin bewegen (zur Entfärbung und Nachfärbung), mit Wasser abspülen, trocknen, Einschluss in Canadabalsam. — Die Tuberkelbacillen erscheinen nach beiden Methoden roth auf blauem Grunde.

Der Nachweis von Tuberkelbacillen im Eiter, Stuhl sowie von Organstückchen (nach Zerkleinerung derselben in sterilen Mörsern) kann ganz ähnlich wie bei Sputum geführt werden. Urin sedimentirt man in Spitzgläsern oder mittelst der Centrifuge und untersucht das Sediment. Für Organstückchen kommt noch die

Schnittfärbung in Betracht. Die am besten auf dem Objectträger bereits aufgeklebten (s. oben) Schnitte werden unter vorsichtigem Erwärmen in conc. Carbolfuchsin 10 Minuten lang gefärbt, dann 3—5 Sekunden in salzsauren Alkohol getaucht, dann so lange in 60 procentigen Alkohol, bis keine Farbe mehr abgeht. Nach vorsichtigem Trocknen mit Fliesspapier wässrige Methylenblaulösung aufträufeln und 15 Sekunden einwirken lassen, sodann auf 10—15 Sekunden in 96 procentigen Alkohol, dann trocknen zwischen Fliesspapier, Aufhellen mit Xylol, Einbetten in Canadabalsam. — Tuberkelbacillen roth, Gewebe blau.

Gelingt der Nachweis durch Originalausstrichpräparate in Sputum (Eiter, Stuhl u. dgl.) nicht, so bewirkt man eine Concentrirung des Materials durch das

2) Sedimentirungsverfahren. Man verdünnt das Material zur Hälfte oder mehr mit 8procentiger Carbolsäure in einem hohen, mit eingeschliffenem Glasstopfen versehenen Messcylinder, homogenisirt durch mehrere Minuten dauerndes, kräftiges Schütteln, bis milchige Flüssigkeit ohne gröbere Partikel entsteht. Flüssigkeit hierauf in ein Becherglas ausgiessen, ca. $^1/_{10}$ reines Glycerin zusetzen und nach tüchtigem Verrühren bis auf 100° C. im Wasserbade erhitzen, bis (meist erst nach $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde) ein Niederschlag entsteht, der oft direct zu Deckelglasausstrichen verwendbar ist. Tritt trotz längeren Kochens keine ordentliche Abscheidung ein, so setzt man noch von 3 zu 3 Minuten vorsichtig einige Tropfen 0·2procentiger Natronlauge unter weiterem Erhitzen zu, wodurch dann meist schnell ein Niederschlag ausfällt, welcher durch Centrifugiren der gekochten Masse, Verreiben und event. Abdampfen noch concentrirt und dann zu Ausstrichpräparaten benützt werden kann.

Gelingt auch durch die Sedimentirung der Nachweis von Tuberkelbacillen nicht, so kommen weiter in Betracht

3) Culturverfahren: Ausstriche von Linsen nach mehrmaligem Abwaschen in sterilem Wasser auf Glycerinserum-, Glycerinagarröhrchen oder auf Platten mit Hesse's Nährboden (5 g Nährstoff Heyden aus der Fabrik H. in Radebeul bei Dresden) in 50·0 dest. Wassers unter Umrühren lösen, dazu eine Mischung von 5·0 g Kochsalz, 30 ccm Glycerin, 10—20 g Agar, 5 ccm Normalsodalösung und 950 dest. Wasser zusetzen und zusammen unter stetem Umrühren 15 Minuten kochen. Röhrchen und Platten durch Gummikappen und Einstellen in feuchte Kammern sorgfältig vor Austrocknung hüten. Manchmal schon einigen Tagen (auf Heydenagar) makroskopisch sichtbare Colonieen; von den Platten event. Klatschpräparate; meist jedoch sehr langsames Wachsthum, manchmal gar kein Wachsthum selbst nach Ausstrich mit sicher tuberkelbacillenhaltigem Materiale. Daher in wichtigsten Fällen als zuverlässigste Methode heranziehen:

4) Der Thierversuch: Meerschweinchen subkutan oder intraperitoneal mit Injektionsspritze impfen. Wenn Tuberkelbacillen vorhanden, so Tod der Thiere nach 4—8 Wochen. Inguinal-, Mesenterial- und andere Drüsen stark geschwollen und verkäst; in der stark vergrösserten Milz, in Leber, Lunge und in dem strangförmig verdickten Netz meist sehr zahlreiche, zum Theil verkäste Tuberkel. Zum Nachweis von Tuberkelbacillen nehme man die noch nicht verkästen Parthieen des tuberculösen Gewebes.

---

5. Pest.[1]

I. Gewinnung des zur Untersuchung geeigneten Materials.

A. Vom Lebenden.

1) Aus erkrankten Drüsen, besonders noch nicht vereiterten (in letzteren sind die Pestbacillen nur noch selten nachzuweisen), mittelst breiter Incision (unter aseptischen Kautelen) oder durch Punktion mittelst Pravaz'scher Spritze.

---

[1] Auszug aus der von einer Kommission von Sachverständigen ausgearbeiteten und vom Bundesrath für ganz Deutschland genehmigten Anweisung zur bakteriologischen Feststellung der Pestfälle. (S. Kossel u. Overbeck, Arb. a. d. Kais. Gsdhtsamt. Bd. XVIII. 1901.)

2) Blut mittelst Stich mit sterilisirter Lanzette in die vorher mit Seife, Alkohol und Aether gereinigte Haut (Fingerspitze, Ohrläppchen u. s. w.); grössere Mengen durch Venenpunktion am Vorderarm oder sterilen Schröpfkopf.

3) Von erkrankten Hautstellen: primäre Pestpustel, Furunkel, pustulöses Exanthem; mittelst Glaspillaren, Platinöse, schmalen Platinspatels, Messerspitze oder dergl.

4) Ausscheidungen: Auswurf bei primärer Lungenpest, Pneumonie und terminalem Lungenödem schwerer Septikämieen; bei krankhaften Zuständen der Rachenorgane Abstriche von der Oberfläche der Schleimhaut; Harn.

B. Von der Leiche.

Vorbemerkung: Am besten wird zunächst an Ort und Stelle eine mikroskopische Untersuchung von Drüsen- oder Milz- oder Lungensaft ausgeführt. Bei positivem Ergebniss ist möglichst auf die weitere Sektion zu verzichten, andernfalls, bei der nun folgenden vollständigen Autopsie, besonders auf das Verhalten der Rachenorgane, sowie aller, auch der versteckt liegenden Drüsengruppen, ferner auf das Vorhandensein von Blutungen (besonders in der Schleimhaut des Verdauungscanals und in den serösen Ueberzügen des Herzens), event. auch auf das Bestehen einer Hirnhautentzündung zu achten. Es empfiehlt sich, auch eine bakteriologische Untersuchung der Galle in diesen Fällen vorzunehmen. — In jedem Falle werden Organe zur weiteren Verarbeitung mittelst des Culturverfahrens bezw. Thierversuchs in gut verschlossenen Gefässen mitgenommen, ebenso kleine Organstückchen in Alkohol oder Sublimatalkohol.

1) Aus Mund und Nase hervorgequollene Flüssigkeit. 2) Pusteln und Furunkel der Haut. 3) Drüsen, besonders blutig infiltrirter Saft, -Eiter oder Oedemflüssigkeit aus der Umgebung der Drüse, Drüsenstückchen. 4) Herzblut. 5) Lunge. Abstrich von der Schnittfläche bei ödematöser oder pneumonisch infiltrirter Lunge; Inhalt der Luftröhre und ihrer Verzweigungen; Lungenstückchen. 6) Milz. Saft und Stückchen. 7) Gehirn. Krankhaft veränderte Stellen des Parenchyms und der Häute. Herdförmige Erkrankungen der inneren Organe (metastatische Abscesse, Infarkte, Blutungen u. s. w.).

II. Gang der Untersuchung.

Ausser der Untersuchung durch das Mikroskop und die Cultur auf Agar und Gelatine ist, wenn irgend möglich, auch der Thierversuch heranzuziehen. Derselbe ist unerlässlich, wenn es sich um die Feststellung des ersten Falles in einer Ortschaft handelt.

A. Mikroskopische Untersuchung. Von dem zu untersuchenden Material sind zunächst reichlich Deckglaspräparate anzufertigen. Ein Theil derselben wird unfixirt und ungefärbt in einem Deckglasschächtelchen aufbewahrt, die übrigen nach einer der folgenden Methoden gefärbt und nach der Besichtigung gleichfalls aufgehoben. Färbung: Mit Löffler's Methylenblau oder Boraxmethylenblau (5 Procent Borax, 2 Procent Methylenblau in Wasser), verdünnter Ziehl'scher Lösung, Gentianaviolett. Charakteristische Polfärbung: Trockenpräparat 25 Minuten in absolutem Alkohol oder für wenige Sekunden in einer Mischung von Alkohol und Aether zu härten, dann mit einer der genannten Farbstoffe färben.

B. Cultur. 1) Fleischwasseragar: (0·5 Procent Kochsalz, 1 Procent Pepton). Schwach alkalisch, nicht trocken, zu Platten ausgegossen oder in weiten Reagensgläsern schräg erstarrt; Temperaturoptimum etwa 30°. — Anzuwenden bei Blut und anderem möglichst reinem Untersuchungsmaterial.

2) Blutserum nach Löffler: Rinderserum mit dem 4. oder 5. Theile einer 1 Procent Traubenzucker enthaltenden alkalisirten Peptonbouillon in weiten Röhrchen schräg oder in Platten erstarrt. Anwendung wie 1.

3) Fleischwassergelatine: 0,5 Procent Kochsalz, 1 Procent Pepton; schwach alkalisch; Plattengiessen oder Ausstrich auf der Oberfläche der erstarrten Platte. — Anwendung in jedem Falle erforderlich, bes. werthvoll bei Material, das mikroskopisch andere Bakterien neben Pestbacillen enthält, z. B. Sputum, Urin, Koth, Leichentheile. Bei stark verunreinigtem Material ist die Züchtung auf Gelatine bei niederer Temperatur (Eisschrank) zu versuchen.

Aus den Originalausstrichen sind die Pestbacillen rein zu züchten und Reinculturen derselben auf Agar oder Löffler'schem Blutserum zur Nachprüfung aufzubewahren.

Zur genaueren Bestimmung einer herausgezüchteten, verdächtigen Reincultur dient Prüfung auf Beweglichkeit (unbeweglich), Färbung nach Gram (Entfärbung), Züchtung auf Agar mit 3 Procent Kochsalzgehalt (zur Darstellung der Involutions- und Degenerationsformen), in schwach alkalischer Bouillon (zur Darstellung der Ketten), event. Gährungsprobe (keine Gasentwicklung); Thierversuch s. C.; Agglutinationsprobe s. D.

C. Thierversuch. 1) Zur Erleichterung der Diagnose: Impfung von Ratten durch subcutane Injektion von Gewebssaft oder Einbringung eines Stückchens des verdächtigen Materials in eine Hauttasche unter aseptischen Kautelen; bei stark verunreinigtem Ausgangsmaterial daneben noch Verimpfung auf die unverletzte Konjunktiva und Verfütterung. — Neben den Ratten können Meerschweinchen, am besten durch Einreiben des Untersuchungsmaterials auf die rasirte Bauchhaut, zur Impfung benutzt werden.

2) Zur Bestimmung einer aus verdächtigem Material gezüchteten Reincultur: Impfung von Ratten.

Als Rattenkäfige hohe, in Wasserdampf sterilisirbare Glasgefässe mit Drahtumhüllung und fest anschliessendem Drahtdeckel mit Watteabschluss. — Sektion unter peinlicher Beobachtung von Vorsichtsmassregeln gegen Verspritzen des Materials. Mikroskopische und culturelle Untersuchung von Blut, Milz, Drüsensaft, Peritonealexsudat. — Vernichtung der Kadaver durch längere Einwirkung von Wasserdampf oder durch Verbrennung oder Auflösung in conc. Schwefelsäure. Sterilisirung der Käfige sammt Streumaterial und Futterresten durch Wasserdampf.

D. Agglutinationsprobe. 1) Zur Bestimmung einer gezüchteten Cultur: Wirksames Serum immunisirter Thiere wird in den entsprechenden Verdünnungen zu einer frisch bereiteten, möglichst homogenen Aufschwemmung zweitägiger Agarculturen in Bouillon oder Kochsalzlösung hinzugefügt. Beobachtung der eintretenden Agglutination am besten in kleinen Reagensröhrchen mit Hülfe der Lupe. In dem Röhrchen die Probe mit dem Serum gut durchschütteln und dann bei Bruttemperatur $^1/_2$ Stunde lang ruhig stehen lassen. Positiver Ausfall der Reaktion (an dem Auftreten zu Boden sinkender Flöckchen mit Klärung der überstehenden Flüssigkeit erkennbar) spricht mit grösster Wahrscheinlichkeit für Pestbacillen.

2) Zur Prüfung des Blutserums eines unter verdächtigen Erscheinungen erkrankt gewesenen Menschen: In Verdünnung des Serums 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, in 0·6procentiger Kochsalzlösung wird je eine Oese einer zweitägigen

Agarcultur von Pestbacillen auf 1 ccm der Serummischung gut vertheilt und gut umgeschüttelt. Die so hergestellten Proben werden, wie bei 1 angegeben, weiter behandelt. Tritt makroskopisch sichtbare Agglutination auf, so handelt es sich mit grösster Wahrscheinlichkeit um einen abgelaufenen, in Reconvalescenz befindlichen Pestfall. Ein negativer Ausfall der Probe spricht nicht gegen die Diagnose Pest.

---

6. Malaria.

Die Blutentnahme erfolge nicht während des Fieberanfalls bezw. kurz nach demselben, sondern am besten 6—12 Stunden vor dem neuen Anfall. Man macht mittelst Nadel oder Impflanzette in die gereinigte Fingerkuppe einen Einstich und tupfe den ersten Tropfen Blut unverzüglich mit einem sorgfältig gereinigten Deckgläschen auf, lege dann dieses mit der Blutseite auf ein zweites und ziehe beide (nur mit Pincetten fassen!) ohne erheblicheren Druck seitlich von einander ab; falls beide noch mit einer dickeren Schicht bedeckt sind, wiederhole man rasch darauf die Manipulation mit neuen Deckgläschen. Die auf diese Weise mit dünner Blutschicht versehenen Deckgläschen lässt man an der Luft 10 Minuten trocknen und kann sie dann, vorsichtig in einem Deckglasschächtelchen über einander geschichtet, bis zur Färbung verwahren. Zum Schutze vor Feuchtigkeit (bes. in den Tropen) ist es nach Koch's Vorschrift zweckmässig, das Schächtelchen noch in Fliesspapier einzuhüllen und in ein Glas mit weitem Hals und Glasstöpsel zu legen, in welchem sich einige Chlorcalciumstücke befinden. Unter solchen Vorsichtsmaassregeln bleiben die Blutausstriche wochen-, selbst jahrelang verwerthbar.

Die Fixirung der Präparate geschieht (nach Koch's Empfehlung nach vorhergehendem schwachen Erwärmen des Gläschens zwischen den Fingern über einer Flamme) durch Einlegen in absoluten Alkohol oder Alkohol und Aether āā auf 10—20 Minuten. Sodann lässt man den überschüssigen Alkohol durch Hochstellen des Gläschens auf Fliesspapier möglichst ablaufen und das Präparat an der Luft (nicht zwischen Fliesspapier) trocken werden. Darauf färben entweder mit 1. Färbung nach Koch mit Borax-Methylenblaulösung (5 Procent Borax, 2 Procent Methylenblau medicinale Höchst, zur Färbung so weit mit Wasser verdünnt, dass sie in einer Schicht von 1 cm Dicke eben durchscheinend wird). Das vollkommen trockene Präparat einige Male eintauchen und mit gewöhnlichem Wasser spülen, bis es einen grünlich-blauen Farbton angenommen hat. Zwischen Fliesspapier trocknen, in Cedernöl untersuchen. — Rothe Blutkörperchen hellgrünblau, Leucocytenkerne dunkelblau, Plasmodien ebenfalls kräftig blau, auf den blassen Blutkörperchen sehr deutlich zu sehen. — Färbung besonders für Massenuntersuchungen geeignet. 2. Färbung nach Romanowsky-Ziemann: 1 procentige wässerige Lösung von Methylenblau medic. puriss. (Höchster Farbwerke), in der durch häufiges Schütteln das Farbstoffpulver vollständig gelöst ist, mindestens 24 Stunden alt, wird mit 0·1 procentigem in heissem Wasser gelöstem Eosin BA oder HG (Hoechster Farbwerke) in kleinen Blockschälchen in gewissem Verhältniss (im Allgemeinen 1:4 bis 1:7, jedoch stets für jede neue Vorrathslösung neu an gewöhnlichen Blutpräparaten auszuprobiren) bei jeder Färbung frisch gemischt. Nach dem Zusammenbringen beider Lösungen entsteht an der Oberfläche ein metallisch glänzendes Häutchen, welches mittelst Glasstäbchens in die Mischung hereingerieben wird und zwar

mehrmals nach seiner schnell eintretenden Neubildung. Nach Entfernung des letzten Häutchens durch vorsichtiges, oberflächliches Ueberwischen der Farbmischung mit Fliesspapier bringt man die Präparate mit der Blutseite nach unten (aber nicht schwimmen lassen) hinein, deckt die Schälchen zu und entnimmt nun, von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Stunde ein Präparat, spült es mit dem dünnen Strahl der Wasserleitung oder einer Spritzflasche beiderseits sorgfältig ab, trocknet zwischen Fliesspapier und prüft die Farbwirkung. Erscheint dieselbe ausreichend, so verfährt man mit den übrigen Präparaten in gleicher Weise und legt sie in Canadabalsam ein. An gelungenen Präparaten sind die rothen Blutkörperchen rosa, die Kerne sämmtlicher Leucocyten und etwa vorhandener, kernhaltiger, rother Blutkörperchen carminviolett, der Protoplasmaleib der Lymphocyten blau, der grossen mononukleären Leucocyten blassblau, der neutrophylen Leucocyten blassviolett bis blassblau; das Protoplasma der Plasmodien blau, das Chromatin leuchtend carminroth bis carminviolett.

III. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mittelst des Schleuderpsychrometers.

Man schwingt zunächst das trockene Thermometer in der S. 92 angegebenen Weise, liest nach $^1/_2$ Minute ab, schwingt wieder $^1/_2$ Minute und wiederholt dies so lange als noch eine Aenderung der Temperatur eintritt. Sodann nimmt man die gleiche Bestimmung mit dem Thermometer vor, dessen Kugel mit befeuchtetem Mousselin umhüllt ist. Die Temperatur des trockenen Thermometers sei t; die des feuchten t_1; man berechnet daraus die Differenz $t-t_1$ und findet dann die absolute Feuchtigkeit F_0 nach der Gleichung:

$$F_0 = F_1 - k \cdot B \cdot (t - t_1),$$

wo F_1 die maximale Feuchtigkeit (Sättigungsmaximum) bei der Temperatur t_1 bedeutet; zu entnehmen aus der umstehenden Tabelle 1. Spannungstafel

$k =$ eine Constante, bei der vorgeschriebenen Geschwindigkeit des Schwingens ermittelt zu $= 0 \cdot 0007$;

$B =$ Barometerstand, hat geringen Finfluss; kann innerhalb 15 mm Schwankung als constant angesehen werden.

Nimmt man einen mittleren Barometerstand von 745 mm an, so ist der Werth des Faktors $k \cdot B \cdot (t-t_1)$ für Barometerstände zwischen 730 und 760 mm nur von dem für $(t-t_1)$ gefundenen Werth abhängig und lässt sich daher aus der umstehenden Tabelle 2 entnehmen.

In derselben sucht man zunächst in der ersten Columne die ganzen Grade von $t-t_1$ auf, und geht dann horizontal weiter bis zu der Columne, welche mit der Zahl der Zehntelgrade überschrieben ist. Man findet so den Werth, $k \cdot B \cdot (t-t_1)$, zieht diesen gemäss der oben gegebenen Gleichung von dem Werth für F_1 ab und hat damit F_0 (in mm Hg). — Für stark abweichende Barometerstände muss die Rechnung ohne Benutzung einer Tabelle ausgeführt werden.

Um die Sättigungsprocente zu finden, rechnet man $\frac{100 \cdot F_0}{F}$, wo F die maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t bedeutet (zu entnehmen aus Tabelle 1). Das Sättigungsdeficit ergiebt sich aus $F - F_0$. Um den Thau-

1. Spannungstafel.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
− 9	2·27	2·25	2·23	2·21	2·19	2·18	2·16	2·14	2·13	2·11
− 8	2·45	2·43	2·41	2·39	2·38	2·36	2·34	2·32	2·30	2·28
− 7	2·65	2·63	2·61	2·59	2·57	2·55	2·53	2·51	2·49	2·47
− 6	2·87	2·85	2·83	2·81	2·78	2·76	2·74	2·72	2·70	2·68
− 5	3·11	3·08	3·06	3·04	3·01	2·99	2·96	2·94	2·92	2·90
− 4	3·36	3·34	3·31	3·28	3·26	3·23	3·21	3·18	3·16	3·13
− 3	3·64	3·61	3·58	3·55	3·53	3·50	3·47	3·44	3·42	3·39
− 2	3·93	3·90	3·87	3·84	3·81	3·78	3·75	3·72	3·69	3·67
− 1	4·25	4·22	4·19	4·16	4·12	4·09	4·06	4·03	4·00	3·96
− 0	4·60	4·56	4·53	4·49	4·46	4·42	4·39	4·36	4·32	4·29
+ 0	4·60	4·63	4·67	4·70	4·73	4·77	4·80	4·84	4·87	4·91
+ 1	4·94	4·98	5·01	5·05	5·08	5·12	5·16	5·19	5·23	5·27
+ 2	5·30	5·34	5·38	5·42	5·45	5·49	5·53	5·57	5·61	5·65
+ 3	5·69	5·73	5·77	5·81	5·85	5·89	5·93	5·97	6·01	6·06
+ 4	6·10	6·14	6·18	6·23	6·27	6·31	6·36	6·40	6·45	6·49
+ 5	6·53	6·58	6·63	6·67	6·72	6·76	6·81	6·86	6·90	6·95
+ 6	7·00	7·05	7·10	7·14	7·19	7·24	7·29	7·34	7·39	7·44
+ 7	7·49	7·54	7·60	7·65	7·70	7·75	7·80	7·86	7·91	7·96
+ 8	8·02	8·07	8·13	8·18	8·24	8·29	8·35	8·40	8·46	8·52
+ 9	8·57	8·63	8·69	8·75	8·81	8·87	8·93	8·99	9·05	9·11
+10	9·17	9·23	9·29	9·35	9·41	9·47	9·54	9·60	9·67	9·73
+11	9·79	9·86	9·92	9·99	10·05	10·12	10·19	10·26	10·32	10·39
+12	10·46	10·53	10·60	10·67	10·73	10·80	10·88	10·95	11·02	11·09
+13	11·16	11·24	11·31	11·38	11·46	11·53	11·61	11·68	11·76	11·83
+14	11·91	11·99	12·06	12·14	12·22	12·30	12·38	12·46	12·54	12·62
+15	12·70	12·78	12·86	12·95	13·03	13·11	13·20	13·28	13·37	13·45
+16	13·54	13·62	13·71	13·80	13·89	13·97	14·06	14·15	14·24	14·33
+17	14·42	14·51	14·61	14·70	14·79	14·88	14·98	15·07	15·17	15·26
+18	15·36	15·45	15·55	15·65	15·75	15·85	15·95	16·05	16·15	16·25
+19	16·35	16·45	16·55	16·66	16·76	16·86	16·96	17·07	17·18	17·29
+20	17·39	17·50	17·61	17·72	17·83	17·94	18·05	18·16	18·27	18·38
+21	18·50	18·61	18·72	18·84	18·95	19·07	19·19	19·31	19·42	19·54
+22	19·66	19·78	19·90	20·02	20·14	20·27	20·39	20·51	20·64	20·76
+23	20·91	21·02	21·14	21·27	21·41	21·53	21·66	21·79	21·92	22·05
+24	22·18	22·32	22·45	22·59	22·72	22·86	23·00	23·14	23·27	23·41
+25	23·55	23·69	23·83	23·98	24·12	24·26	24·41	24·55	24·70	24·84
+26	24·99	25·14	25·29	25·44	25·59	25·74	25·89	26·05	26·20	26·35
+27	26·51	26·66	26·82	26·98	27·14	27·29	27·46	27·62	27·78	27·94
+28	28·51	28·27	28·43	28·60	28·77	28·93	29·10	29·27	29·44	29·61
+29	29·78	29·96	30·13	30·31	30·48	30·65	30·83	31·01	31·19	31·37

2. Tabelle für den Faktor $k \cdot B \cdot (t - t_1)$.

$t - t_1$	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
0	0·00	0·06	0·11	0·16	0·21	0·26	0·32	0·37	0·42	0·48
1	0·53	0·58	0·63	0·69	0·74	0·79	0·84	0·90	0·95	1·00
2	1·05	1·11	1·16	1·21	1·26	1·31	1·37	1·42	1·47	1·52
3	1·58	1·63	1·68	1·74	1·79	1·84	1·89	1·95	2·00	2·05
4	2·10	2·16	2·21	2·26	2·31	2·37	2·42	2·47	2·52	2·57
5	2·63	2·69	2·74	2·79	2·84	2·90	2·95	3·00	3·05	3·10
6	3·16	3·21	3·26	3·32	3·37	3·42	3·47	3·52	3·58	3·63
7	3·68	3·73	3·79	3·84	3·89	3·95	4·00	4·05	4·10	4·15
8	4·21	4·26	4·31	4·37	4·42	4·47	4·52	4·57	4·63	4·68
9	4·73	4·79	4·84	4·89	4·94	5·00	5·05	5·10	5·15	5·20
10	5·26	5·31	5·36	5·42	5·47	5·53	5·58	5·63	5·68	5·73
11	5·79	5·84	5·89	5·94	6·00	6·05	6·10	6·16	6·21	6·26
12	6·31	6·37	6·42	6·47	6·52	6·57	6·63	6·68	6·73	6·78
13	6·84	6·85	6·94	6·99	7·05	7·10	7·15	7·21	7·26	7·31
14	7·36	7·42	7·47	7·52	7·57	7·63	7·68	7·73	7·68	7·83
15	7·89	7·94	7·99	8·05	8·10	8·16	8·21	8·26	8·31	8·36
16	8·42	8·47	8·52	8·57	8·63	8·68	8·73	8·79	8·84	8·89
17	8·94	8·99	9·05	9·10	9·15	9·21	9·26	9·31	9·36	9·41
18	9·47	9·52	9·57	9·63	9·68	9·73	9·78	9·83	9·89	9·94
19	9·99	10·04	10·10	10·15	10·20	10·26	10·31	10·36	10·41	10·46

punkt zu finden, sucht man den Werth von F_0 unter den Spannungswerthen der Tabelle 1 und findet daneben in der ersten Columne die zugehörige Thaupunktstemperatur.

Beispiel: t wird gefunden zu 20·5°; t_1 zu 15·4°; $t - t_1 = 5·1°$.

In Tabelle 1 findet man $F = 17·94$ mm; $F_1 = 13·03$ mm. Aus obenstehender Tabelle entnimmt man $k \cdot B \cdot (t - t_1) = 2·69$, indem man in der ersten Columne $(t - t_1)$ die Zahl 5 aufsucht und von dieser aus horizontal weiter geht bis zu der 0·1 überschriebenen Columne; als den der Temperaturdifferenz 5·1° zugehörigen Werth findet man hier = 2·69. Folglich hat man:

$$F_0 = 13·03 - 2·69 = 10·74 \text{ mm.}$$

Die Sättigungsprocente sind $= \frac{100 \cdot 10·74}{17·94} = 59·8$ Procent; das Sättigungsdeficit = 17·94 − 10·74 = 7·20 mm; der Thaupunkt = 12·4°.

IV. Bestimmung des CO_2-Gehalts der Luft.

A. Genaue Bestimmung.

Man bezieht aus der Apotheke: 1. in mit Glasstopfen verschlossener Flasche eine verdünnte Schwefelsäure, 2·227 g SO_4H_2 im Liter enthaltend; 1 ccm derselben entspricht 1 mg CO_2. 2. eine Strontiumhydratlösung von solcher Con centration, dass 1 ccm durch 1 ccm der vorgenannten Schwefelsäure gerade neutralisirt wird. Die Flasche muss im Verschluss ein mit Natronkalk gefülltes U-Rohr enthalten, so dass bei der Entnahme (mittelst Pipette) nur von CO_2 befreite Luft in die Flasche nachströmen kann; andernfalls verändert sich der Titre der Lösung zu rasch. 3. Lösung von 1 Procent Phenolphtaleïn in 70procentigem Alkohol.

Vor der Bestimmung ist der Titre des Strontiumwassers nochmals zu controliren. Man nimmt dazu ein 60 ccm fassendes Erlenmeyer'sches Kölbchen, dass mit doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen verschlossen wird. Durch die eine Bohrung lässt man 25 ccm Strontiumwasser und dann mittelst Tropfpipette 1 bis 2 Tropfen Phenolphtaleïnlösung einlaufen; die Bohrung wird dann sofort mit einem Glasstäbchen geschlossen. Durch die andere Bohrung steckt man gleich darauf eine Glashahnbürette mit lang ausgezogener Spitze, die bis zur äussersten Spitze mit der Schwefelsäure gefüllt ist. Man lässt nun die Säure langsam zum Strontiumwasser zulaufen und lockert von Zeit zu Zeit das Glasstäbchen, um die gespannte Luft entweichen zu lassen. Nach jedem Säurezusatz schüttelt man vorsichtig um. Sobald die Mischung farblos wird, liest man die bis dahin verbrauchte Säuremenge ab.

Zur Ausführung der CO_2-Bestimmung nimmt man einen langhalsigen Kolben von 3—4 Liter Inhalt, dessen Capacität vorher durch Ausmessen mit Wasser genau bestimmt war. In diesen wird die Luft des Untersuchungsraumes mittelst eines Blasebalges mit langem Ansatzrohr hineingeblasen. Gleichzeitig wird die Lufttemperatur und der Luftdruck abgelesen. Dann wird der Kolben mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, in dessen Bohrungen Glasstäbe stecken. Man misst dann in eine Pipette 50 ccm Strontiumwasser ab, nimmt den einen Glasstab heraus, lässt das Strontiumwasser durch diese Bohrung einfliessen, und schliesst sofort wieder. Darauf schwenkt man das Strontiumwasser vorsichtig im Kolben hin und her und lässt den Kolben schliesslich 12 Stunden stehen, um vollständige Absorption der CO_2 zu erreichen. (Für annähernde Bestimmungen genügt einstündiges Stehenlassen.) Nun wird die früher benutzte Glashahnbürette mit Schwefelsäure gefüllt, der eine Glasstab entfernt, zunächst 2 Tropfen Phenolphtaleïn eingelassen, dann die Bürette durchgesteckt und wiederum unter zeitweisem Lüften des anderen Glasstabs bis zur Entfärbung titrirt.

Waren z. B. bei der Titrestellung des Strontiumwassers auf 25 ccm desselben 24 ccm Schwefelsäure, also auf 50 ccm 48 ccm Schwefelsäure verbraucht, dagegen für die mit der untersuchten Luft geschwenkten 50 ccm Strontiumwasser nur 40 ccm Schwefelsäure, so kommen 8 ccm auf Rechnung der CO_2 jener Luft, und diese entsprechen = 8 mg CO_2. Um die Milligramme CO_2 in Cubikcentimeter zu verwandeln, muss man erstere durch das Volumgewicht

der CO_2 dividiren, das bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Luftdruck folgenden Werth hat:

1 Liter CO_2 wiegt Gramm:

	740 mm	744 mm	748 mm	752 mm	756 mm	760 mm	764 mm	768 mm
10°	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88	1·89
12°	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88
14°	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86
16°	1·78	1·79	1·79	1·81	1·82	1·82	1·83	1·84
18°	1·76	1·77	1·77	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83
20°	1·74	1·75	1·75	1·77	1·78	1·79	1·80	1·81
22°	1·73	1·73	1·74	1·75	1·76	1·77	1·78	1·79
24°	1·71	1·72	1·73	1·74	1·75	1·76	1·76	1·77

Hatte man zur Zeit des Versuchs z. B. 15° und 760 mm Barometerstand, so sind die 8 mg CO_2 durch 1·83 zu dividiren, und man findet so 4·37 ccm CO_2. Enthielt die Sammelflasche beispielsweise 3420 ccm Luft, so war der Gehalt der Luft an CO_2: $\frac{4\cdot 37}{3420} = \frac{x}{1000}$ also 1·28 pro mille.

B. Approximative Bestimmung.

Der Lunge-Zeckendorff'sche Apparat wird entweder von Cramer in Zürich fertig bezogen, oder man stellt sich den Apparat folgendermaassen zusammen: Zu einem Pulverfläschchen von ca. 80 ccm Capacität wird ein passender doppelt durchbohrter Kautschukstopfen ausgesucht. Die eine Bohrung trägt ein gerades, bis zum Boden des Fläschchens reichendes Glasrohr und an dessen äusserer Spitze ein Stück Gummischlauch; durch die andere Bohrung ist ein kurzes gekrümmtes Glasrohr gesteckt, dessen äusseres Ende durch einen Kautschukschlauch mit einem Gummiballon von etwa 70 ccm Capacität verbunden ist. Ein Längsschlitz in dem letzterwähnten Kautschukschlauch liefert ein Ventil, das beim Comprimiren des Ballons die Luft vollständig austreten lässt, wenn gleichzeitig der Kautschukansatz auf dem geraden Glasrohr zugeklemmt wird; lässt man aber dann den Ballon los und hebt gleichzeitig jenen Verschluss auf, so geht alle Luft nur durch das gerade Glasrohr und das Pulverfläschchen in den Ballon, während das Ventil keine Luft passiren lässt.

In das Fläschchen bringt man 10 ccm einer dünnen mit Phenolphtaleïn roth gefärbten Sodalösung (man hält sich zweckmässig eine Lösung von 5·3 g wasserfreier Soda in 1 Liter = $^1/_{10}$ Normalsodalösung vorräthig, in welcher man 0·1 g Phenolphtaleïn aufgelöst hat. Von dieser Lösung verdünnt man am Versuchstage 2 ccm mit 100 ccm destillirten, ausgekochten und wieder abgekühlten Wassers). Sodann lässt man mit Hülfe des Ballons und der beschriebenen Ventilwirkung eine Ballonfüllung Luft des Untersuchungsraumes nach der anderen durch die Sodalösung streichen; nach jeder frischen Füllung schliesst man mit dem Finger den offenen Kautschukschlauch und schüttelt das Gläschen eine volle Minute lang, damit alle CO_2 der Luft absorbirt wird. In dieser Weise fährt man fort, bis die Sodalösung entfärbt ist. Aus der bis dahin verbrauchten Zahl von

Ballonfüllungen lässt sich der CO_2-Gehalt der Luft annähernd entnehmen. Im Mittel braucht man

in einer Luft von 0·3 p. m CO_2	48 Ballonfüllungen
„ „ „ „ 0·4 „ „ „	35 „
„ „ „ „ 0·5 „ „ „	27 „
„ „ „ „ 0·6 „ „ „	21 „
„ „ „ „ 0·7 „ „ „	17 „
„ „ „ „ 0·8 „ „ „	13 „
„ „ „ „ 0·9 „ „ „	10 „
„ „ „ „ 1·0 „ „ „	9 „
„ „ „ „ 1·2 „ „ „	8 „
„ „ „ „ 1·4 „ „ „	7 „
„ „ „ „ 1·5 „ „ „	6 „

Geht der CO_2-Gehalt der Luft über 1·5 p. m hinaus, so ist es besser, den Versuch mit einer doppelt so starken Sodalösung (2 ccm der Stammlösung mit 50 ccm Wasser verdünnt) zu wiederholen. Bei Verwendung dieser Lösung zeigen an:

1·2 p. m. CO_2	16 Ballonfüllungen
1·5 „ „ „	22 „
2·0 „ „ „	8 „
2·2 „ „ „	7 „
2·5 „ „ „	6 „
3·0 „ „ „	5 „
3·7 „ „ „	4 „

Jeder Apparat liefert je nach der Capacität des Ballons, des Fläschchens u. s. w. verschiedene Resultate. Obige Tabellen geben daher nur Mittelwerthe. Will man einigermaassen sichere Resultate haben, so muss man in Luft von verschiedenem CO_2-Gehalt die CO_2 mittelst der oben angegebenen genauen Methode bestimmen, und gleichzeitig sehen, wie viel Ballonfüllungen mit einem bestimmten Apparat auf diesen bekannten CO_2-Gehalt verbraucht werden. Für den in dieser Weise in 2 oder 3 Luftarten geaichten Apparat entwirft man eine korrigirte Tabelle und erhält dann sehr befriedigende Resultate.

V. Chemische Trinkwasser-Analyse.

1. Organische Stoffe (Sauerstoffverbrauch).

Reagentien) 1. Oxalsäurelösung, 0·63 g in Liter gelöst. 10 ccm dieser Lösung verbrauchen 0·8 mg Sauerstoff zur Oxydation. Die Lösung ist etwa 2 Wochen haltbar. 2. Lösung von 0·35 g Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) in 1 Liter Wasser. Diese Lösung ist in folgender Weise auf die Oxalsäure genau einzustellen: In einen Kochkolben von 300 ccm Capacität kommen 100 ccm reines destillirtes Wasser und 5 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Säure + 3 aq.). Man erhitzt und hält 5 Minuten im Sieden; fügt dann zur Zerstörung etwa noch vorhandener organischer Substanzen so viel $KMnO_4$ zu, bis bei weiterem Erhitzen schwache Rosafärbung bestehen bleibt. Dann fügt man 10 ccm der Oxalsäurelösung zu, und lässt in die heisse Flüssigkeit aus der auf den Nullpunkt wieder aufgefüllten Bürette Chamäleonlösung zufliessen, bis eben schwache Röthung eintritt. Die bis zu diesem Punkte verbrauchten Cubikcentimeter

Chamäleonlösung vermögen dann gerade jene 0·8 mg Sauerstoff abzugeben, welche die 10 ccm Oxalsäure zur Oxydation erfordern. Die Chamäleonlösung wird eventuell der einfacheren Rechnung wegen noch weiter verdünnt, bis 10 ccm genau 0·8 mg O entsprechen.

Ausführung: In dem vorhin gebrauchten Kochkolben werden 100 ccm des zu untersuchenden Wassers + 5 ccm verdünnte Schwefelsäure zum Sieden erhitzt; man fügt 7—8 ccm Chamäleonlösung und kocht genau 10 Minuten wird während des Siedens die Farbe erheblich blasser, so setzt man einige weitere Cubikcentimeter Chamäleonlösung zu. Nach Ablauf der 10 Minuten lässt man 10 ccm der Oxalsäurelösung einlaufen, worauf sofort Entfärbung eintritt, nimmt den Kolben von der Flamme fort und fügt nun tropfenweise Chamäleonlösung zu, bis schwache Rosafärbung bestehen bleibt. — Von den Gesammtverbrauch an Chamäleonlösung zieht man die zur Oxydation der 10 ccm Oxalsäure verbrauchten Cubikcentimeter ab und erhält so die Menge Chamäleon, welche von den organischen Stoffen der 100 ccm Wasser zur Oxydation consumirt sind.

Beispiel: Titer der Chamäleonlösung: 9·4 ccm = 10 ccm Oxalsäurelösung = 0·8 mg Sauerstoff; 1 ccm Chamäleon also = 0·085 mg Sauerstoff. — 100 ccm Wasser verbrauchten im Versuch im Ganzen 17·6 ccm Chamäleonlösung; davon gehen 9·4 auf Rechnung der zugesetzten Oxalsäure; es bleiben = 8·2 ccm = 8·2 × 0·085 mg Sauerstoff. 100 ccm Wasser verbrauchen folglich = 0·697 mg, 1 Liter = 6·97 mg Sauerstoff. — Will man auf Verbrauch von Permanganat umrechnen, so ist die Sauerstoffmenge mit 3·94 zu multipliciren.

2. Ammoniak.

Das Nessler'sche Reagens erzeugt mit den fast stets in Wässern vorhandenen Kalksalzen einen Niederschlag, der die Abschätzung der mit NH_3 entstehenden Färbung hindert. Zur Entfernung der Kalksalze versetzt man daher zunächst 300 ccm des zu untersuchenden Wassers in einem hohen Cylinder mit 1 ccm Natronlauge (1:4) und 2 ccm Sodalösung (1:3). Nach 6—12 stündigem Stehen und vollständigem Absetzen des Niederschlages nimmt man von der klaren Flüssigkeit 20 ccm und versetzt mit 1 ccm des Nessler'schen Reagens. Durch Gelbfärbung oder gelbröthlichen Niederschlag ist NH_3 nachgewiesen.

Zur quantitativen Abschätzung löst man 3·141 g Salmiak (= 1 g NH_3) in 1 Liter Wasser. Davon entnimmt man 50 ccm und verdünnt auf 1 Liter, so dass 1 ccm dieser Lösung 0·05 mg NH_3 enthält. Nun füllt man in 3 gleiche Cylinder je 100 ccm dest. Wasser, setzt dem einen 0·1 ccm, dem zweiten 0·5 ccm und dem dritten 1·0 ccm der NH_3-Lösung zu, einem NH_3-Gehalt von 0·005, von 0·025 und von 0·05 mg in 100 ccm entsprechend. In jeden Cylinder giebt man ferner 1 ccm Nessler'schen Reagens, füllt nun einen vierten Cylinder mit 100 ccm des zu untersuchenden Wassers, versetzt auch dieses mit 1 ccm Nessler und vergleicht die Färbung der Proben, indem man von oben durch die Höhe der Schicht gegen eine weisse Unterlage sieht. Ist die Farbe des Wassers keiner der Proben von bekanntem NH_3-Gehalt gleich, so werden weitere Stufen von letzterem hergestellt, bis das untersuchte Wasser und eine Probe von bekanntem Gehalt harmoniren.

3. Salpetrige Säure.

100 ccm Wasser werden in einem Cylinder mit 1—2 ccm verdünnter SO_4H_2 und mit ungefähr 3 ccm Zinkjodidstärkelösung versetzt. Blaufärbung zeigt Nitrite an.

Quantitative Abschätzung erfolgt durch colorimetrische Vergleichung, wie bei der Bestimmung des NH_3. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Lösung von 1·815 g $NaNO_2$ (= 1 g N_2O_3) in 1 Liter; zum Gebrauch werden 10 ccm auf 1 Liter verdünnt, so dass 1 ccm = 0·01 mg N_2O_3 enthält. Von dieser Lösung fügt man zu je 100 ccm 0·2, 1·0 und 5·0 ccm, und schaltet nach Bedarf weitere Vergleichsstufen ein.

Oder: 100 ccm Wasser werden mit 1—2 ccm verdünnter Schwefelsäure und 1 ccm Lösung von Diamidobenzol (5 g Metadiamidobenzol unter Zusatz von verdünnter SO_4H_2 in Wasser gelöst, zum Liter aufgefüllt, und falls die Lösung stärker gefärbt ist, durch Thierkohle filtrirt). Es entsteht gelbbraune Färbung, wenn N_2O_3 zugegen ist. — Quantitativ-colorimetrische Bestimmung wie oben.

4. Salpetersäure.

Qualitativ: 2 ccm Wasser werden im Reagensglas mit einigen Tropfen Brucinlösung versetzt; dann lässt man bei schräger Haltung des Glases vorsichtig concentrirte Schwefelsäure am Rande herunterfliessen. An den Berührungsstellen der beiden über einander geschichteten Flüssigkeiten entsteht vorübergehend ein rosafarbener Ring.

Oder: von einer Lösung von circa 1 g Diphenylamin in concentrirter SO_4H_2 giesst man 2—3 ccm in ein Reagensglas, setzt tropfenweise das zu untersuchende Wasser zu und schüttelt; bei starkem Nitratgehalt tritt schon nach 1 Tropfen, bei mässigem Gehalt erst nach 5—10 Tropfen bleibende Blaufärbung ein.

Quantitativ: Eine vom Apotheker zu bereitende Indigolösung von solcher Stärke, dass ungefähr 8 ccm durch 1 mg N_2O_5 entfärbt werden, wird mit Salpeterlösung von bekanntem Gehalt genau titrirt. Letztere bereitet man dadurch, dass 7·484 g Kaliumnitrit (= 4·0 g N_2O_5) in 1 Liter Wasser gelöst werden; davon werden 10 ccm zu 1 Liter aufgefüllt; 1 ccm der Lösung enthält dann 0·04 mg, 25 ccm enthalten 1 mg N_2O_5. 25 ccm dieser Lösung werden sodann in einem Kolben von 150 ccm Capacität mit 50 ccm concentrirter Schwefelsäure versetzt, und Indigolösung aus der Bürette zugelassen, bis flaschengrüne Färbung mehrere Minuten bestehen bleibt. Der Versuch wird sogleich wiederholt und diesmal die Indigolösung bis nahe an die gefundene Grenze in einem Strahle zugesetzt, und dann wieder bis zur Färbung titrirt, die jetzt etwas später einzutreten pflegt. Sind beispielsweise 9 ccm Indigolösung verbraucht, so zeigt ein Cubikcentimeter der Lösung $^1/_9$ = 0·11 mg N_2O_5 an.

Um den Nitratgehalt eines Wassers zu bestimmen, nimmt man 25 ccm, versetzt mit 50 ccm concentrirter SO_4H_2 und verfährt genau wie oben. Wird wesentlich mehr als 8 ccm Indigolösung verbraucht, so ist das Wasser mit destillirtem Wasser entsprechend zu verdünnen und der Versuch zu wiederholen.

5. Chloride.

Reagentien: 1. $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung (17·0 g $AgNO_3$ = 10·8 g Ag in 1 Liter Wasser gelöst); 1 ccm der Lösung sättigt 3·55 mg Cl resp. 5·85 mg ClNa. 2. Neutrale Kaliumchromatlösung, ca. 3 Procent.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einem Wasserglas mit 3 bis 5 Tropfen der Kaliumchromatlösung versetzt. Dann fügt man aus der Bürette die Silberlösung zu, bis nach Umrühren mit einem Glasstabe die gelbe Farbe

der ganzen Flüssigkeit sich in einem gelbrothen Farbenton verwandelt hat. Die Zahl der bis dahin verbrauchten Cubikcentimeter Silberlösung giebt, multiplicirt mit 3·55, die Milligramme Chlor, die in 100 ccm Wasser enthalten waren.

6. Härte.

Seifenlösung, durch Auflösen von 20 g reiner Seife in Liter Alkohol von 56 Volumprocenten bereitet, wird gegen eine Kalk- oder besser Baryumlösung von bekanntem Gehalt titrirt. Man löst zu dem Zweck 0·523 g $BaCl_2$ in 1 Liter Wasser; diese Lösung entspricht 12 (deutschen) Härtegraden, d. h. 100 ccm enthalten eine 12 mg BaO äquivalente Ba-Menge. Man füllt dann 100 ccm Baryumlösung in eine Glasstopfenflasche von 200 cm Capacität, fügt Seifenlösung aus einer Bürette zu. setzt den Stopfen auf und schüttelt kräftig, fährt dann mit dem Zusatz der Seifenlösung fort und zwar so lange, bis nach dem Schütteln ein feinblasiger Schaum auf der ganzen Oberfläche der Flüssigkeit circa 5 Minuten stehen bleibt. Je nach dem Ausfall des Versuchs wird dann die Seifenlösung mit 56procentigem Alkohol so weit verdünnt, dass gerade 45 ccm derselben bis zur Schaumbildung erforderlich sind.

Von dem zu untersuchenden Wasser werden ebenfalls 100 ccm in eine Stöpselflasche gefüllt und allmählich mit Seifenlösung titrirt, bis bleibender Schaum auftritt. Werden mehr als 45 ccm verbraucht, so ist das Wasser zu verdünnen. Der Verbrauch an Seifenlösung ist dann nicht etwa der Härte des Wassers einfach proportional, sondern letztere ergiebt sich aus folgender Tabelle:

Verbrauch an Seifenlösung.		Härte in deutschen Härtegraden (Milligramm CaO in 100 ccm Wassers).
3·4	0·4 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	0·5
5·4		1·0
7·4		1·5
9·4		2·0
11·3	0·38 ccm Seifenlösung entsprecher einer Härtezunahme um 0·1°	2·5
13·2		3·0
15·1		3·5
17·0		4·0
18·0		4·5
20·8		5·0
22·6	0·36 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	5·5
24·4		6·0
26·2		6·5
28·0		7·0
29·8		7·5
31·6		8·0
33·3	0·34 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	8·5
35·0		9·0
36·7		9·5
38·4		10·0
40·1		10·5
41·8		11·0
43·4	0·32 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	11·5
45·0		12·0

VI. Die Bestimmung des Milchfetts mittelst des Laktobutyrometers.

In das Laktobutyrometer füllt man 10 ccm der gut durchgemischten Milch und giebt 1—2 Tropfen Natronlauge (1 : 3) zu; dann lässt man aus einer anderen Pipette 10 ccm reinen Aether zufliessen, verschliesst das Laktobutyrometer mit einem gut passenden Kork und schüttelt, unter zeitweisem vorsichtigen Lüften des Korks, kräftig durch, bis eine homogene Mischung entstanden ist. Hierauf fügt man mittelst einer dritten Pipette 10 ccm 91procentigen Alkohol zu und schüttelt nach dem Aufsetzen des Korks wieder einige Male kräftig und stossweise, aber nicht zu anhaltend, bis die Kaseïnklümpchen sich einigermaassen vertheilt haben. Nun kommt die Röhre in einen Cylinder mit 40° warmem Wasser für 15—20 Minuten, darauf in Wasser von 20° für 5 Minuten; und dann wird die Höhe der oben abgeschiedenen Aetherfettlösung an der Skala des Laktobutyrometers abgelesen. Die Fettmenge ist aus der gefundenen Menge von Aetherfettlösung nach folgender Tabelle zu berechnen.

Aetherfettlösung	Fett	Aetherfettlösung	Fett
ccm	Procente	ccm	Procente
0·1	1·34	1·1	3·38
0·2	1·54	1·2	3·58
0·3	1·75	1·3	3·79
0·4	1·95	1·4	3·99
0·5	2·16	1·5	4·20
0·6	2·36	1·6	4·40
0·7	2·56	1·7	4·63
0·8	2·77	1·8	4·96
0·9	2·97	1·9	5·31
1·0	3·18	2·0	5·66

Register.

Errata.

S. 74. Ueberschrift: statt „Spirillen" lies „Spirillaceae".

S. 89. Fig. 56 a stellt den Tertianaparasiten dar, Fig. 56 b den Quartanaparasiten.

S. 220. Bei Figg. 71 u. 72 fehlt der Zusatz „nach DUNBAR".

S. 483. Zeile 16 v. oben lies „1 Cubikmeter" statt 1 ccm.